



universität  
wien

# Diplomarbeit

Titel der Arbeit

Der Einfluss der Suche nach Farben auf  
Aufmerksamkeitseffekte des plötzlichen Beginns

Verfasserin

Marlene Wurm

Angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, im Juli 2012

Studienkennzahl: 298

Studienrichtung: Psychologie

Betreuer: Prof. Dr. Ulrich Ansorge



# DANKSAGUNG

---

Zu Beginn möchte ich meiner Familie danken, die mir dieses Studium erst ermöglicht hat und immer hinter mir stand. Großer Dank gilt auch meiner Kollegin Ruth Mayrhofer für die zahlreichen Stunden in den diversen Bibliotheken und der begleitenden motivationalen Unterstützung, sowie meiner Kollegin Karin Überseder für den fachlichen Austausch und das Korrekturlesen dieser Arbeit.

Bei Herrn Prof. Dr. Ulrich Ansorge und Frau Mag. Dr. Isabella Fuchs möchte ich mich besonders für die schnellen Rückmeldungen bei Fragen und Problemen und die hilfreiche fachliche Unterstützung während des gesamten Schreibprozesses bedanken.

Natürlich möchte ich mich auch bei allen VersuchsteilnehmerInnen bedanken, ohne deren Teilnahme diese Arbeit nicht zustande gekommen wäre.



# INHALTSVERZEICHNIS

---

EINLEITUNG.....	7
THEORETISCHER HINTERGRUND .....	9
1 Funktionen der Aufmerksamkeitsselektion .....	9
2 Theorien visueller Aufmerksamkeitsselektion .....	10
2.1 Hinweisreizparadigma (Posner, 1980) .....	12
2.1.1 Erleichterungseffekt .....	13
2.2 „Inhibition of Return“-Effekt .....	16
3 Bewusste versus unbewusste Wahrnehmung .....	19
4 Kontrollierte versus automatische Aufmerksamkeitsverlagerungen .....	23
4.1 Studien zu automatischen Aufmerksamkeitsverlagerungen .....	23
4.2 Studien zu kontrollierten Aufmerksamkeitsverlagerungen.....	25
4.3 Ein Vergleich zwischen beiden Ansätzen .....	27
5 Erklärungen relevanter Begrifflichkeiten .....	30
5.1 Unterscheidung zwischen Cue und Prime.....	30
5.2 Salienz .....	30
5.3 Singleton mit plötzlichem Beginn.....	31
5.4 Kontraste und Farben .....	32
6 Biologische Aspekte der selektiven visuellen Aufmerksamkeit.....	35
7 Das Ausgangsexperiment (Mulckhuyse et al., 2007) .....	38
 DARSTELLUNG DER EXPERIMENTE.....	 42
8 Experiment 1 .....	42
8.1 Fragestellung.....	42
8.2 Hypothesen.....	43

8.3	Methode .....	43
8.3.1	Teilnehmer .....	43
8.3.2	Setting .....	43
8.3.3	Aufbau.....	44
8.4	Ergebnisse .....	46
8.4.1	Subliminal Cueing Task .....	47
8.4.2	Cue Report Task.....	49
8.5	Diskussion.....	50
9	Experiment 2.....	53
9.1	Fragestellung.....	53
9.2	Hypothesen.....	54
9.3	Methode .....	54
9.3.1	Teilnehmer .....	54
9.3.2	Setting .....	54
9.3.3	Aufbau.....	54
9.4	Ergebnisse .....	55
9.4.1	Subliminal Cueing Task .....	55
9.4.2	Cue Report Task.....	57
9.5	Diskussion.....	58
ABSCHLIEßENDE DISKUSSION DER ERGEBNISSE .....		60
LITERATURVERZEICHNIS .....		62
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....		69
TABELLENVERZEICHNIS.....		69
LEBENS LAUF .....		71

# ZUSAMMENFASSUNG

---

Im Zuge dieser Arbeit sollte der Frage nachgegangen werden, inwiefern unsere Aufmerksamkeit von bottom-up oder top-down geleiteten Prozessen beeinflusst wird beziehungsweise, ob sich auch der parvozelluläre Pfad oder der magnozellanuläre Pfad als ein determinierender Einfluss zeigen. Dabei wurden zwei Experimente durchgeführt, deren Versuchsdesign an Mulckhuyse, Talsma und Theeuwes (2007) angelehnt ist. Im Unterschied zum Ausgangsexperiment erschien der Zielreiz jedoch in Form eines statischen Farbwechsels, wodurch es zu keiner Übereinstimmung zwischen Hinweis- und Zielreiz anhand des plötzlichen Erscheinens kam.

In Übereinstimmung mit der „Contingent Capture“ - Theorie zeigten sich keine Aufmerksamkeitseffekte. Diese Ergebnisse könnten jedoch auch durch eine Pfadabhängigkeit der Aufmerksamkeitsverlagerungen zustande gekommen sein. In einem weiteren Experiment zeigte sich bei der Verwendung der farblich definierten Ziel- und Distraktorreizen eine Priorisierung des parvozellulären Pfades als die stärkere Einflussdeterminante, im Vergleich zu einem möglichen top-down geleiteten subtilen Suchset.

Zusammenfassend lässt sich daher auf eine bevorzugte Aktivierung des magnozellanulären Pfades beziehungsweise den Colliculi superiores schließen, wenn Kontrastinformationen für eine Zielreizidentifizierung zielführend sind. Kann der Zielreiz aber nur aufgrund einer farblichen Unterscheidung identifiziert werden, tritt der parvozelluläre Pfad in den Vordergrund und plötzlich erscheinende Hinweisreize lösen demzufolge keine Aufmerksamkeitseffekte aus.





## ABSTRACT

---

The aim of this study was to examine to what extent attentional capture is influenced by bottom-up or top-down processes respectively by a dominance of either the parvocellular or the magnocellular stream.

Two experiments with a modified design of Mulckhuyse, Talsma and Theeuwes (2007) were conducted. In contrast to the former experiment the target stimulus appeared as a static color change which left no possible match between the target and the cue stimuli in form of an abrupt onset. In accordance with the "contingent capture" theory no cueing effects were found. Furthermore a possible explanation of this result could be found in the dependency of attentional shifts on the dominant stream. By using color-defined target and distractor stimuli a further experiment revealed the dominance of the parvocellular stream even over a possible top-down induced subtle attentional set.

In conclusion this study indicates the priority of the magnocellular stream respectively the Superior Colliculi in capturing attention if contrast information is relevant to find the target. However if the target can only be located due to color differences, the parvocellular stream dominates over the magnocellular stream and abrupt onset cues fail to capture attention.



# EINLEITUNG

---

In unserer Umwelt sind wir einer Vielzahl an visuellen Reizen ausgesetzt. Ich will meine Arbeit, bevor ich vertiefend auf die Fachliteratur eingehe, zunächst mit einer kleinen Alltagssituation beginnen: Stellen Sie sich vor, Sie verabreden sich mit einer guten Bekannten, um gemeinsam eine Veranstaltung zu besuchen. Deshalb durchblättern Sie ein Programmheft, das alle Veranstaltungen in schönen, kleinen und knallig-bunten Kästchen darstellt. Ein Lokal findet Ihren Gefallen und so vereinbaren Sie ein Treffen in diesem. Auf dem Weg dorthin schnappen Sie sich eine Tageszeitung, die Sie halbherzig in der voll besetzten Straßenbahn durchblättern. Beim Blick aus dem Fenster preisen Werbeplakate in schillernden Farben die neuesten Neuheiten an, während ein Baby in einem Kinderwagen neben Ihnen Sie immer wieder neugierig beobachtet, ein betagter Herr nach einem Sitzplatz sucht und Sie schließlich Ausschau halten müssen, an welcher Station Sie am besten aussteigen sollten. Im vollen Lokal angelangt, sehen Sie nur eine große Menschenmasse – doch wo steckt Ihre Bekannte? Sie halten wohl einfach am besten mal Ausschau nach ihrem roten Haarschopf...

In unserer Zeit sind wir ständig einer Vielzahl an Reizen ausgesetzt, die nur teilweise auch für uns relevante Informationen enthalten. Da wir nur begrenzte Ressourcen haben, können wir nicht allen Dingen um uns herum Aufmerksamkeit schenken, sondern müssen eine selektierte Auswahl treffen. Doch worin begründet sich diese Auswahl? Beachte ich jene Veranstaltung, weil ich in dieses Lokal schon immer gerne gehen wollte? Oder nur weil das Kästchen, in dem diese Veranstaltung beschrieben wird, so schön knallig rot ist? Sehe ich mir im Lokal jede Person an, um die Bekannte zu finden, oder nur jene, die rote Haare haben, groß/klein sind, dick/dünn etc.? Und was ist mit dem Mädchen mit den pinken Haaren und dem auffallenden Make-up, die offensichtlich nicht die Bekannte ist, aber trotzdem meine Blicke anzieht?

Die Aufmerksamkeit des Menschen ist immer wieder durch automatische (bottom-up bzw. exogene) oder kontrollierte (top-down bzw. endogene) Prozesse beeinflusst (siehe unter anderem Ansorge & Leder, 2011). In der geschilderten Alltagssituation kann die Lenkung der Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Veranstaltung, bei der ich bereits die Absicht hatte, diese zu besuchen, als top-down Prozess gesehen werden, wohingegen das Beachten derjenigen Anzeige, die aufgrund ihrer Salienz (siehe Kapitel 5.2 ) heraussticht,

als bottom-up Prozess gesehen werden kann. Bin ich auf „Nahrungssuche“ und beachte deshalb alle Plakate, die Nahrungsmittel bewerben beziehungsweise weiß ich, dass meine Bekannte rote Haare hat und suche deshalb vordergründig nach diesen roten Haaren, würde auch hier die Aufmerksamkeitszuwendung top-down bestimmt sein. Werbung, Verkehrsschilder, Personen, Leuchtsignale etc., die „einfach so“ ins Auge stechen und automatisch unsere Blicke an sich ziehen, würden im Gegenzug dazu als bottom-up geleitete Aufmerksamkeitszuwendungen betrachtet werden. Dies sind natürlich nur ein paar Beispiele einer Vielzahl an Möglichkeiten.

In der Folge stellt sich auch die Frage, wie die Aufmerksamkeit auf Objekte gelenkt wird, die wir nur unbewusst (subliminal) wahrnehmen. Zu viele visuelle Reize tauchen in unseren Blickfeldern auf, als dass wir uns all diesen bewusst werden könnten. Können aber auch bei unbewusst wahrgenommenen visuellen Reizen absichtsgeleitete Zuwendungen der Aufmerksamkeit eine Rolle spielen oder sind wir diesen subliminalen Reizen „komplett ausgeliefert“? Und welche Bedeutung haben biologische Aspekte in unseren Aufmerksamkeitszuwendungen?

Im Zuge dieser Arbeit, wurden aber natürlich keine Menschen auf diverse Veranstaltungen geschickt sondern ins Labor, um anhand zweier Computerexperimente den Versuch zu unternehmen, ein paar Fragezeichen in der Forschung der selektiven visuellen Aufmerksamkeit aufzulösen.

# THEORETISCHER HINTERGRUND

---

Da wir Menschen, wie auch die beschriebene Alltagssituation zu verdeutlichen versucht, mit einer Unmenge an Reizen konfrontiert werden, wir aber kognitiv limitiert sind, auch all diese zu verarbeiten, bedarf es einer Selektion der wahrzunehmenden Reize. Ohne diese Selektion wäre es uns gar unmöglich, zielgerichtet zu handeln. Dementsprechend gibt es zahlreiche Forschungen, die sich mit dieser Thematik auseinandergesetzt haben und dies immer noch tun.

Die frühe Forschung zur selektiven Aufmerksamkeit hat hauptsächlich im Bereich der auditiven Wahrnehmung (siehe etwa Broadbent, 1958) stattgefunden. Erst spätere Forschung legte den Fokus eher in den Bereich der visuellen Aufmerksamkeit.

Bevor jedoch im Näheren die Funktionen und Theorien der Aufmerksamkeitsselektion erläutert werden, soll noch erwähnt werden, dass die Aufmerksamkeit die Selektivität der Wahrnehmung nicht bedingt. Sie stellt also keinen selektivitätsverursachenden Mechanismus dar, sondern beschreibt lediglich verschiedene Formen der Selektivität (Ansorge & Leder, 2011).

## 1 Funktionen der Aufmerksamkeitsselektion

Generell wird zwischen zwei Funktionen von Selektion unterschieden: Bei der „Selection-for-perception“-Theorie dient die Selektion der Wahrnehmung und bei der „Selection-for-action“-Theorie der Handlungssteuerung (Goodale & Milner, 1992). Ein klassischer Ansatz der erstgenannten Theorie ist die Filtertheorie nach Broadbent (1958). Broadbent geht dabei davon aus, dass unser verarbeitendes System nur begrenzte Kapazitäten hat und es somit einer Selektion bedarf. Beachtet werden muss dabei:

*„The selection is not completely random, and the probability of a particular class of events being selected is increased by certain properties of the events and by certain states of the organism.“ (Broadbent, 1958, S. 297).*

Somit gelangt die gesamte sensorische Information zu einem Filter, der nur bestimmte Informationen aufgrund physikalischer Eigenschaften (z.B. an welches Ohr ein Wort gelangt) zu einer Analyse durchlässt.

Im Gegensatz zur eben vorgestellten Theorie hängen bei der „Selection for action“-Theorie (Allport, 1978 zitiert nach Allport, 1989) die visuelle Verarbeitung und das motorische Verhalten eng zusammen. Selektive Prozesse sind somit nach Allport (1989) notwendig, um - beispielsweise im Falle des Fangens eines sich bewegenden Objektes - anhand der spezifischen Objektinformationen die räumlichen und zeitlichen Koordinaten des Greifens, die Orientierung der Hand etc. bestimmen und somit die beabsichtigte Handlung ausführen zu können.

## **2 Theorien visueller Aufmerksamkeitsselektion**

Die Forschung widmete sich aber nicht nur der Frage, welche Funktion der visuellen Aufmerksamkeitsselektion zugrunde liegt, sondern fand auch verschiedene theoretische Herangehensweisen an diesen Selektionsprozess.

Bei der *objektbasierten Aufmerksamkeitsstheorie* bezieht sich die Beschränkung unserer visuellen Aufmerksamkeit nach Duncan (1984) auf die Anzahl separater Objekte, die gleichzeitig wahrgenommen werden können. Neisser (1967) prägte dabei den Begriff der „fokalen Aufmerksamkeit“. Da die „fokale Aufmerksamkeit“ nicht auf das gesamte visuelle Feld gleichzeitig gelegt werden kann, gibt es vorausgehende präattentive Prozesse, die die Objekte voneinander trennen. Anschließend kann die beobachtende Person einen Großteil der kognitiven Ressourcen aber nur auf einen ausgewählten Teil legen, also die Aufmerksamkeit nur auf ein Objekt zu einer bestimmten Zeit richten.

In der *dimensionsbasierten Aufmerksamkeitsstheorie* (siehe unter anderem Allport, 1971; Treisman, 1969; Broadbent, 1958) stellen hingegen im Wesentlichen die Objektmerkmale, also beispielsweise die Dimensionen Farbe oder Form, die Basis einer Aufmerksamkeitsselektion dar. Darauf aufbauend behauptet die Merkmalsintegrationstheorie (Treisman & Gelade, 1980), dass es bei Aufgaben, die die Suche nach kombinierten Merkmalsdimensionen erfordern (also beispielsweise die Suche

nach einem rosaroten „O“ inmitten von grünen „O“s und rosaroten „N“s), zur seriellen Suche kommt. Dies wird damit begründet, dass zuerst das visuelle Feld anhand der dimensionsspezifischen Merkmalsdetektoren, hier sowohl nach Farb- als auch nach Formfaktoren, abgesucht werden muss und anschließend erst die örtliche Zuweisung der Aufmerksamkeit erfolgt.

Als dritter Ansatz kann die *ortsbasierte Aufmerksamkeitstheorie* gesehen werden, die die Aufmerksamkeit mit einem Lichtkegel („spotlight“, Posner & Cohen, 1984) vergleicht, der nur einen Ausschnitt des visuellen Feldes beleuchtet und flexibel verschoben werden kann. Zwei Paradigmen können diesem theoretischen Zugang zugeordnet werden: Das Flankierreizparadigma von Eriksen und Eriksen (1974) und das Hinweisreizparadigma von Posner (1980). Bei der Studie von Eriksen und Eriksen (1974) mussten die VersuchsteilnehmerInnen je nach Zielreiz (Buchstabe inmitten einer Buchstabenkette) mit einem Hebeldruck nach rechts oder links reagieren. Beinhalteten die Flankierer (Distraktorbuchstaben, also die Ablenkreize) die gleiche Richtungsantwort wie der Zielbuchstabe (kongruente Bedingung), zeigte sich eine schnellere Antwort der TeilnehmerInnen im Gegensatz zu einer verlangsamten Antwort in der inkongruenten Bedingung, also bei entgegengesetzter Richtungsantwort. Diese Effekte zeigten sich aber nur, wenn sich die Flankierer im Umkreis von etwa einem Sehwinkel zum Zielreiz befanden.

Eriksen und St. James (1986) erweiterten die Lichtkegelmetapher durch die Annahme einer variablen Gummilinse (im Englischen „zoom lens model“), die veranschaulichen soll, dass der Bereich der fokussierten Aufmerksamkeit wie eine Linse erweitert und verkleinert werden kann. Ohne einen Hinweisreiz liegen die Aufmerksamkeitsressourcen gleichmäßig auf dem visuellen Feld verteilt, wohingegen bei Auftreten von Hinweisreizen die Gummilinse beginnt, sich auf die Größe des fokussierten Feldes „zusammenzuziehen“. Die Aufmerksamkeit kann somit auf einen kleinen Bereich (minimal ein Sehwinkel) mit hoher Auflösung fokussiert werden, oder auf einen größeren Bereich mit dementsprechend niedrigerer Auflösung ausgedehnt werden. Da die in dieser Arbeit dargestellten Experimente auf das Hinweisreizparadigma von Posner (1980) aufbauen, soll dieses im Folgenden näher dargestellt werden.

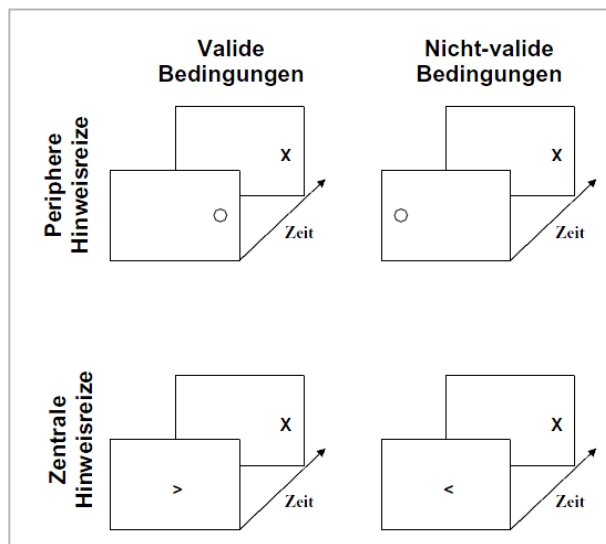
## **2.1 Hinweisreizparadigma (Posner, 1980)**

Bereits in Studien der 40er und 50er Jahre wurde versucht experimentell Effekte einer Orientierung („orienting“, Posner, 1980) der Aufmerksamkeit zu finden. Dabei wurden etwa bis zum Jahre 1973 beinahe ausnahmslos komplette Versuchsblöcke vorgegeben, bei denen bestimmte Positionen hohe Wahrscheinlichkeiten eines Zielreizes hatten. Trotz des Wissens der wahrscheinlichen örtlichen Position zeigte sich aber keine signifikante Leistungsverbesserung und somit auch kein Orientierungseffekt (Posner & Cohen, 1984). Posner (1980) beschäftigte sich ausführlich mit den Mechanismen der ortsbasierten Aufmerksamkeit und sah eine Erklärung des Fehlens eines Orientierungseffektes darin, dass die Orientierung aktiver Natur ist. Sie ist seiner Meinung nach kein passiver Filter, der einfach an einen Platz getragen werden kann und dort verbleibt, sondern ein aktiver Prozess der Orientierungserhaltung scheint wichtig zu sein.

Posner (1980) unterschied grundsätzlich zwischen offenen und verdeckten Verlagerungen. Die offene Aufmerksamkeitsverlagerung wird im Gegensatz zur verdeckten, bei welcher die Aufmerksamkeit ohne Kopf- und Augenbewegungen erfolgt, ersichtlich durch eben jene äußerlichen körperlichen Verlagerungen. Dieses Phänomen zeigt sich auch sehr gut in alltäglichen Beobachtungen. Im Basketballspiel zum Beispiel kann der Blick nur auf einen Spieler der gegnerischen Mannschaft gerichtet sein, wobei aber, wie auch redensartlich in Verwendung, „aus dem Augenwinkel“ nach einem freistehenden Spieler der eigenen Mannschaft Ausschau gehalten werden kann. Laut Posner (1980) kann die Aufmerksamkeit im visuellen Feld wie ein Lichtkegel verlagert werden, wobei jene Reize, die in diesen Lichtkegel der Aufmerksamkeit fallen, dann auch schneller wahrgenommen und verarbeitet werden können als Reize anderer Positionen. Diese effizientere Verarbeitung kann jedoch, wie auch das Beispiel veranschaulicht, unabhängig von ausgeführten Augenbewegungen oder der Lage zur Fovea centralis (Bereich des schärfsten Sehens) sein.

Bei der Operationalisierung des Hinweisreizparadigmas von Posner (1980) kommt es, wie Abbildung 1 veranschaulicht, zur Verwendung von peripheren oder zentralen Hinweisreizen, die bereits Informationen über den nachfolgenden Zielreizort liefern können. Anhand dieser Vorinformation soll die ortsbasierte Aufmerksamkeit bereits auf den wahrscheinlich zukünftigen Zielreizort gelenkt werden.





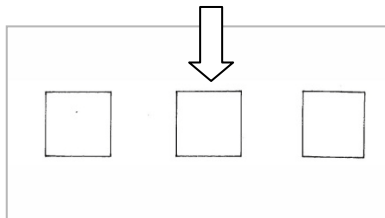
**Abbildung 1:** Vier Bedingungen des Hinweisreizparadigmas (aus Ansorge, 2006)

Zeigen die Hinweisreize den Zielreizort korrekt an, handelt es sich um eine valide Bedingung. Tun sie dies nicht spricht man von einer nicht-validen Bedingung. Zentrale Hinweisreize erscheinen in der Bildschirmmitte (meist am Fixationsort) und können durch ihren symbolischen Charakter, also beispielsweise ein Pfeil, der nach links oder rechts zeigt, den Zielreizort anzeigen. Durch die erforderliche Deutung des zentralen Hinweisreizes, um überhaupt Informationen über den Zielreizort erhalten zu können, scheinen diese Reize eine willentliche, endogene Aufmerksamkeitsverlagerung zu verursachen (Jonides, 1981). Periphere Hinweisreize hingegen erscheinen bereits an einem möglichen Zielreizort und zeigen diesen somit direkt an. Somit würden sie laut dem Hinweisreizparadigma (Posner, 1980) die Aufmerksamkeit aufgrund ihrer Eigenschaften (siehe Kapitel 5.2 bis 5.4) auf automatische, exogene Weise auf sich ziehen (Jonides, 1981).

### 2.1.1 Erleichterungseffekt

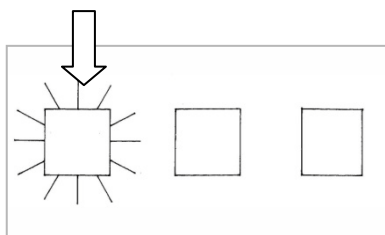
In Experimenten von Posner und Mitarbeiter (Posner, 1980; Posner & Cohen, 1984) mit zentralen (z.B. Pfeile in der Bildschirmmitte) und peripheren (z.B. Erscheinen oder Aufblitzen eines Kästchens rechts oder links vom Fixationspunkt) Hinweisreizen, müssen die VersuchsteilnehmerInnen so schnell wie möglich auf das Erscheinen eines Zielreizes (z.B. Punkt in einem Kästchen) mit Tastendruck reagieren. Wenn die Hinweisreize dabei häufiger die Stelle des nachfolgenden Zielreizes als die gegenüberliegende Stelle ohne Zielreiz anzeigen, handelt es sich um informative Hinweisreize. Im Falle der zentralen

Hinweisreize war dies bei 80% der Durchgänge der Fall, wodurch die VersuchsteilnehmerInnen auch einen Anreiz hatten, ihre Aufmerksamkeit zu verlagern. Schematisch soll nachfolgend der Ablauf eines Experiments von Posner und Cohen (1984) mit peripheren Hinweisreizen dargestellt werden.



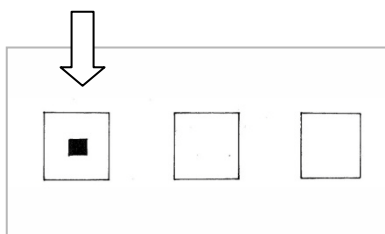
**Abbildung 2:** Darstellung des Hinweisreizparadigmas A (in Anlehnung an Posner & Cohen, 1984)

Wie Abbildung 2 veranschaulicht müssen die VersuchsteilnehmerInnen zu Beginn des Experiments das Kästchen in der Bildschirmmitte fixieren.



**Abbildung 3:** Darstellung des Hinweisreizparadigmas B (in Anlehnung an Posner & Cohen, 1984)

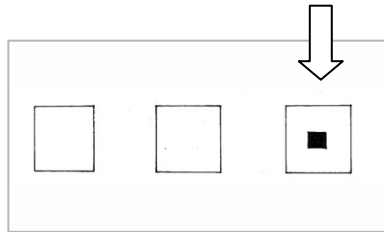
Anschließend beginnt der Durchgang mit dem randomisierten Aufscheinen eines salienten (siehe Kapitel 5.2 ) Hinweisreizes, welcher sich hier in Form eines hellen Aufblitzens des äußeren Rahmens des rechten oder linken Kästchens zeigt (in Abbildung 3 erscheint der Hinweisreiz auf der linken Seite).



**Abbildung 4:** Darstellung des Hinweisreizparadigmas C (in Anlehnung an Posner & Cohen, 1984)

Danach erscheint nach einem oder mehreren unterschiedlich definierten Zeitintervallen (hier nach 0, 50, 100, 200, 300 oder 500 ms), auch SOA (im Englischen „stimulus onset

asynchrony“) genannt, der Zielreiz in Form eines Punktes (in Abbildung 4 erscheint der Zielreiz auf der linken Seite). Abbildung 3 und 4 stellen einen validen Durchgang dar, bei dem der Hinweisreiz den Zielreiz korrekt indiziert.



**Abbildung 5:** Darstellung des Hinweisreizparadigmas D (in Anlehnung an Posner & Cohen, 1984)

Erscheint der Zielreiz jedoch auf der anderen Seite als der Hinweisreiz, handelt es sich um einen nicht-validen Durchgang (siehe Abbildung 3 und 5)

In jenem dargestellten Experiment erscheint der Zielreiz zu 60% im mittigen Kästchen, zu 20% gar nicht (sogenannte „catch trials“) und zu jeweils 10% im linken oder rechten Kästchen.

Die Ergebnisse der Experimente zeigten, dass es wie erwartet sowohl bei zentralen als auch bei peripheren Hinweisreizen zu einer kürzeren Reaktionszeit bei validen im Vergleich zu nicht-validen Durchgängen kommt. Diese verkürzte Reaktion wird auch als Validitätseffekt oder *Erleichterungseffekt* bezeichnet (Posner, 1980; Posner & Cohen, 1984). Auch bei peripheren Hinweisreizen ohne Vorhersagekraft, also bei nicht-informativen Hinweisreizen, finden sich Validitätseffekte (Jonides, 1981; Posner & Cohen, 1984).

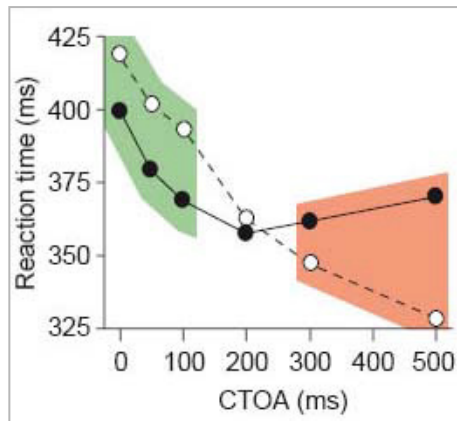
Im Konkreten verursacht das Erscheinen eines peripheren Hinweisreizes laut Posner (1988) eine Kette an Ereignissen: Ein peripher erscheinender Hinweisreiz löst zuerst einen ortsunspezifischen Alarmeffekt aus („Alert“), wodurch die aktuelle Leistung unterbrochen wird („Interrupt“). Nach Berechnung der Koordinaten des Hinweisreizes („Localize“) kommt es zur Ablösung beziehungsweise Entkoppelung der Aufmerksamkeit („Disengage“) von dem bis dahin beachteten Ort, der zumeist der Fixationspunkt ist, woraufhin die Aufmerksamkeit zum Hinweisreizort verlagert wird („Move“). Nach erfolgter Verlagerung wird die Aufmerksamkeit an den, in valider Bedingung, nachfolgend präsentierten Zielreiz gebunden beziehungsweise gekoppelt

(„Engage“). Wenn sich die Aufmerksamkeit aber vom Hinweisreiz weg zu einer anderen Stelle „zurückzieht“, zeigt sich eine Hemmung am Zielreizort („Inhibition“), der sogenannte „Inhibition of Return“-Effekt. Auf diesen Effekt soll im nächsten Kapitel näher eingegangen werden.

## **2.2 „Inhibition of Return“-Effekt**

Wie bereits in der Erklärung zu Abbildung 4 erwähnt wurde, können verschieden lange Zeitintervalle (SOAs) zwischen dem Erscheinen des peripheren Hinweisreizes und des Zielreizes liegen. Diese Länge hat dabei einen merklichen Einfluss auf die Reaktionsschnelligkeit der VersuchsteilnehmerInnen. Dieser Einfluss zeigt sich insofern als es bei einer kurzen SOA zu einem Erleichterungseffekt kommt, wenn Hinweisreiz und Zielreiz an gleicher Stelle erscheinen. Bei einer langen SOA hingegen kommt es zu einer deutlichen Hemmung bezüglich der Zielreizerkennung, welcher als sogenannter „*Inhibition of Return*“-Effekt auch statistisch in langsameren Reaktionszeiten sichtbar wird (siehe unter anderem Posner & Cohen, 1984; Klein, 2000; Mulckhuyse, Talsma & Theeuwes, 2007).

Klein (2000) fasst zusammen, dass die kritische Schwelle zwischen dem peripheren Erscheinen des Hinweisreizes und des Zielreizes im Bereich von 200 bis 300 ms liegt. Abbildung 6 illustriert die Reaktionszeiten in validen und nicht-validen Durchgängen über verschiedene SOAs hindurch, anhand welcher der Erleichterungs- und „Inhibition of Return“-Effekt auch graphisch sichtbar werden.



**Abbildung 6:** Graphische Darstellung des „Inhibition of Return“-Effekts (aus Klein, 2000):

*X-Achse:* SOA (zeitliches Intervall zwischen Erscheinen des Hinweis- und Zielreizes; in ms); *Y-Achse:* Reaktionszeit auf den Zielreiz (in ms); *Durchgehende Linie:* Reaktionszeiten bei validen Durchgängen; *Strichlierte Linie:* Reaktionszeiten bei nicht-validen Durchgängen; *Grüner Bereich:* Erleichterungseffekt / *Roter Bereich:* „Inhibition of Return“-Effekt

Wenn der Zeitabstand zwischen Hinweis- und Zielreiz also unter 200 bis 300 ms liegt, ist ein zeitlicher Vorteil sichtbar, wenn beide Reize auf gleicher Seite erscheinen. Wenn jedoch nach diesem Zeitraum noch immer kein Zielreiz an der durch den Hinweisreiz indizierten Stelle erscheint, wird die Aufmerksamkeit wieder von der indizierten Stelle wegverlagert. Eine Hemmung, diese Aufmerksamkeit bei Erscheinen des Zielreizes sofort wieder an die eben beachtete Stelle zurückzuverlagern, verursacht schließlich eine längere Reaktionszeit auf den Zielreiz, den „Inhibition of Return“-Effekt (Klein, 2000).

Nach Klein (2000) ist dieser Effekt ein Mechanismus, der die Orientierung hin zu neuen Stellen im visuellen Feld fördern beziehungsweise dadurch die Abtastung der visuellen Umwelt maximieren soll (siehe auch Posner & Cohen, 1984).

In dem bereits dargestellten Experiment von Posner und Cohen (1984) zeigte sich der „Inhibition of Return“-Effekt nach einer SOA von 300 ms. Bei Verwendung zentraler Hinweisreize, die laut Autoren endogene Aufmerksamkeitsverlagerungen verursachen, zeigt sich dieser Effekt jedoch nicht. Doch gegen den voreiligen Folgeschluss, dass es deshalb bei endogener Aufmerksamkeitsverlagerung zu keinem „Inhibition of Return“-Effekt kommen kann, sprechen einige Studien (siehe etwa Rafal, Calabresi, Brennan, & Sciolto, 1989; Gibson & Amelio, 2000). Denn bei den Experimenten von Rafal et al. (1989) gab es neben zentralen Hinweisreizen auch periphere Hinweisreize mit durch Instruktion hervorgerufener endogener Aufmerksamkeitsverlagerung. Dabei wurden

beispielsweise in einer „Sakkadenvorbereitungs“-Bedingung die VersuchsteilnehmerInnen instruiert, sich auf eine Sakkadenverlagerung zum Hinweisreiz bei dessen Erscheinen vorzubereiten, sie aber dann nicht durchzuführen. Auch in dieser Bedingung wurde ein „Inhibition of Return“-Effekt gefunden. Dieser Effekt zeigte sich also selbst bei instruiertem Beachten des Hinweisreizes. Gibson und Amelio (2000) konnten zeigen, dass – zumindest bei plötzlich beginnenden Reizen – ein „Inhibition of Return“-Effekt von einer Passung zum Suchset abhängig ist.

### **3 Bewusste versus unbewusste Wahrnehmung**

Da die Hinweisreize in den hier vorgestellten Experimenten nur subliminal, also unbewusst, wahrgenommen werden sollen, soll im nachfolgenden Abschnitt das Phänomen der unbewussten Wahrnehmung kurz dargestellt beziehungsweise eine Abgrenzung zur bewussten Wahrnehmung geschaffen werden.

Die Bezeichnung „unbewusste Wahrnehmung“ impliziert in der Psychologie den Einfluss nicht bewusst wahrgenommener Reize auf unser Verhalten (Kiesel, 2009). Bereits in den fünfziger Jahren behauptete James Vicary, ein Marktforscher, anhand einer Studie einen wichtigen Beweis für unbewusste Wahrnehmung gefunden zu haben. Seiner Meinung nach wären für 300 ms die Wörter „eat popcorn“ („Iss Popcorn“) und „drink coca-cola“ („Trink Coca-Cola“) einige Male während des Kinofilmes „Picnic“ erschienen, woraufhin die Besucher um 18% mehr Coca-Cola und 58% mehr Popcorn konsumiert haben sollen. Aber abgesehen davon, dass alleinig der Filmtitel bereits Lust auf Essen und Trinken vermittelt, gab Vicary einige Jahre später auch zu, dass diese Studie nur eine Fälschung war (Eysenck & Keane, 2010).

Heutzutage gibt es aber viele Studien, die sich der Wahrnehmung unbewusster Reize widmen und besonders Studien mit Blindsight- oder Neglekt-Patienten haben den Verhaltenseinfluss unbewusster Reize zum Thema gemacht (Kiesel, 2009). Doch wie zeigt sich eine Unterscheidung zwischen bewussten und unbewussten Reizen und wie können Stimuli manipuliert werden, dass sie nur unbewusst wahrgenommen werden?

Nach Lamme (2003) muss man generell zwischen visueller Aufmerksamkeit und Bewusstheit unterscheiden, da Aufmerksamkeit a priori nicht mit visueller Bewusstheit verknüpft ist, und somit auch saliente Reize Aufmerksamkeit auf sich ziehen können ohne zwingend bewusst zu werden. In seinem Modell zur Erklärung der Entstehung von visueller Bewusstheit geht er davon aus, dass visuelle Informationen in einer Vorwärtsverarbeitungsphase (im Englischen spricht man hierbei von „feedforward sweeps“) auf sukzessive Weise Gehirnareale aktivieren, dabei aber unbewusst bleiben. Eine Bewusstheit der Reize entstehe erst durch nachfolgende rekurrente, also wieder rückläufige Prozesse (siehe auch Kapitel 6).

Eine der ersten experimentellen Untersuchungen zur unbewussten Wahrnehmung wurde von Peirce und Jastrow Ende des 19. Jahrhunderts durchgeführt, wobei beide selbst die Versuchspersonen waren und ihre Entscheidungen bei dem Experiment als reines Raten, und somit als unbewusst, bezeichneten (Debner & Jacoby, 1994).

Merikle und Daneman (2000) unterscheiden drei mögliche Ansätze, um die bewusste von der unbewussten Wahrnehmung abzugrenzen. Der älteste dieser Ansätze greift dabei auf eine *subjektive Messung* zurück. Dabei müssen die Personen selbst angeben, ob sie einen Reiz bewusst wahrnehmen oder nicht. Da die subjektive Beurteilung über das Vorhandensein eines Reizes aber zahlreichen Fehlerquellen unterliegt (siehe Eriksen, 1960 zitiert nach Merikle, Smilek, & Eastwood, 2001) beschränkt sich ein weiterer Ansatz auf eine rein *objektive Messung*. Dabei werden nur Verhaltenseffekte beachtet, also ob die Personen etwa zwischen Vorhandensein und Nichtvorhandensein eines Reizes unterscheiden können. Merikle und Daneman (2000) führen auch noch einen dritten Ansatz an, der sich auf die *unterschiedlichen Auswirkungen von bewusster und unbewusster Wahrnehmung* bezieht. Denn Murphy und Zajonc (1993) haben anhand einer Studie herausgefunden, dass unbewusste Priming-Reize (Gesichter mit Gefühlsausdrücken) eine stärkere Wirkung auf affektive Reaktionen (Bewertung von chinesischen Schriftzeichen als „gut“ oder „schlecht“) haben können, als bewusste.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten eine unbewusste Wahrnehmung experimentell hervorzurufen. McCormick (1997) begründete das unbewusste Sehen von Hinweisreizen in unterschiedlichen *Licht- und Bildschirmkontrastverhältnissen*. Um eine unbewusste Wahrnehmung der Hinweisreize hervorzurufen wurde dabei das Licht gedimmt und die Bildschirmhelligkeit sowie der Bildschirmkontrast reduziert.

Eine weitere Möglichkeit stellt die *Maskierung* eines Reizes dar. Bei der Maskierung wird die Sichtbarkeit eines Reizes insofern reduziert, dass in örtlicher oder zeitlicher Nähe ein zweiter Reiz (die Maske) präsentiert wird (Enns & Di Lollo, 2000).

Eine subliminale Reizpräsentation wird auch erreicht, wenn der Reiz als Flimmern mit einer bestimmten Frequenz dargestellt wird (Bauer, Cheadle, Parton, Müller, & Usher, 2009). Die *Flimmerverschmelzungsfrequenz* wird dabei als die Frequenz bezeichnet, bei welcher eine Abfolge von Lichtblitzen den Eindruck eines kontinuierlichen Lichtes erweckt (Schlick, Bruder, & Luczak, 2010). Die kritische Grenze der subliminalen Wahrnehmung, also die kritische Flimmerverschmelzungsfrequenz, liegt um die 50Hz bei



Helligkeitswahrnehmung und bei 25Hz bei Farbwahrnehmung (Shady, MacLeod, & Fisher, 2004). In einem Experiment von Bauer et al. (2009) wurden nichtfärbige Hinweisreize mit einer Flimmerfrequenz von 50Hz und 30Hz verwendet. Hinweisreize mit einer Flimmerfrequenz von 50Hz, nicht jedoch jene mit einer Frequenz von 30Hz, verursachten am Ort dieses Reizes eine erhöhte Wahrnehmungssensitivität, wurden aber von den VersuchsteilnehmerInnen nur subliminal wahrgenommen. Diese erhöhte Wahrnehmungssensitivität zeigte sich anhand kürzerer Reaktionszeiten, wenn Hinweisreiz und Zielreiz an gleicher Stelle am Bildschirm auftraten, wodurch die Autoren zeigen konnten, dass auch durch Flimmerverschmelzung unbewusst wahrgenommene Hinweisreize eine Aufmerksamkeitsverlagerung auf diese Reize verursachen können.

Die Hinweisreize der in dieser Arbeit vorgestellten Experimente werden mit einer Frequenz von 60Hz präsentiert, wonach diese in Bezug auf die kritische Flimmerverschmelzungsfrequenz auch im Bereich der unbewussten Wahrnehmung liegen sollten.

Etwas weiter gefasst könnte jedoch nach Simons (2000) auch die allgemeinere Theorie der *Veränderungsblindheit* (im Englischen „change blindness“ genannt) eine Erklärung subliminaler Wahrnehmung sein. Danach können wesentliche Veränderungen visueller Details von Objekten und Szenen passieren, ohne dass diese bewusst von den beobachtenden Personen registriert werden. Eine der Begründungen der unbewussten Wahrnehmung kann dabei im Überschreiben visueller Informationen liegen. Demzufolge erreicht eine erste visuelle Information nicht das Bewusstsein, wenn sie von einem nachfolgenden leeren Intervall oder Bild einfach überschrieben beziehungsweise ersetzt wird. Ein erfolgreiches Erkennen der stattfindenden Veränderungen kann danach auch nur dann passieren, wenn dem veränderten Objekt Aufmerksamkeit geschenkt wird.

Da der, in den hier beschriebenen Experimenten verwendete, Hinweisreiz in Form eines Ringes nur 16 ms vor zwei anderen gleichartigen Ringen erscheint, könnte die visuelle Information des ersten Ringes möglicherweise von dem nachfolgenden visuellen Eindruck der drei Ringe überschrieben werden und somit eine bewusste Wahrnehmung des Hinweisreizes verhindern.

Dass subliminal wahrgenommene Stimuli nicht nur „einfach so“ die Aufmerksamkeit erregen können, sondern auch Absichten der Personen einen Einfluss haben können, zeigen einige Studien (siehe etwa Ansorge, Kiss & Eimer, 2009; Scharlau & Ansorge, 2003).

Ansorge et al. (2009) beispielsweise verwendeten subliminale Hinweisreize in Zielreizfarbe und zusätzliche Distraktoren in drei unterschiedlichen Farben mit gleicher Helligkeit, um einen Einfluss der Salienz der Stimuli auf Aufmerksamkeitseffekte auszuschließen. Die Hinweisreize erregten nur dann Aufmerksamkeit, wenn sie zu den top-down geleiteten Suchabsichten passten. Sobald daher ein Suchset aufgebaut wurde, beeinflusst dieses auch die Auswahl subliminaler Stimuli. Auf die Unterscheidung zwischen absichtsgeleiteter und automatischer Aufmerksamkeitsverlagerung soll aber im folgenden Kapitel noch näher eingegangen werden.

## 4 Kontrollierte versus automatische Aufmerksamkeitsverlagerungen

Wie bereits in der Einleitung beziehungsweise in diversen Passagen dieser Arbeit angedeutet wurde, gibt es zwei verschiedene Möglichkeiten die Aufmerksamkeit zu verlagern. Schon im Jahr 1890 unterschied William James zwischen einer „passiven“ (reflexiven) und einer „aktiven“ (absichtsgeleiteten) Aufmerksamkeit. Zweitens definiert er dabei wie folgt:

*„Voluntary attention is always derived; we never make an effort to attend to an object except for the sake of some remote interest which the effort will serve.“*

(James, 1890, S. 416)

Dabei bringt James (1890) zum Ausdruck, dass die aktive Aufmerksamkeit nie einfach für sich passiert, sondern sich immer auf einem individuellen Ziel oder einer Erwartung begründet. Neben der Bezeichnung „aktiv“ finden sich in der Literatur noch weitere Bezeichnungen wie etwa *kontrolliert*, absichtsgeleitet, „top-down“-gesteuert, endogen oder zielgerichtet (im Englischen „goal-directed“).

Im Gegensatz dazu zeigt sich die passive Aufmerksamkeitsverlagerung als ein unwillkürlicher Prozess, der keiner Absicht bedarf, da alleine die Reize durch ihre Eigenschaften eine automatische Verarbeitung auslösen (Ansorge & Leder, 2011). Neben der Bezeichnung „passiv“ können hier auch noch die Begriffe *automatisch*, reflexiv, „bottom-up“-gesteuert, exogen oder reizgetrieben (im Englischen „stimulus-driven“) Verwendung finden.

Die Grundsatzdiskussion, ob die Zuwendung der Aufmerksamkeit zu (unbewusst wahrgenommenen) Hinweisreizen automatisch oder kontrolliert ist, spaltet zurzeit die Autorenschaft, die sich dieser Thematik annimmt. Im Zuge dessen sollen zuerst Studien, die eine Bestätigung der automatischen Aufmerksamkeitsverlagerung finden, und weiters Studien, die für eine kontrollierte Aufmerksamkeitsverlagerung sprechen, kurz skizziert und anschließend beide Ansätze verglichen werden.

### 4.1 Studien zu automatischen Aufmerksamkeitsverlagerungen

Die frühe Forschung wie beispielsweise bei Yantis und Jonides (1984) spricht sich für eine automatische, unwillkürliche Verlagerung der Aufmerksamkeit bei peripheren visuellen Reizen mit plötzlichem Beginn aus. Bei Theeuwes (1992) mussten die

VersuchsteilnehmerInnen nach einen grünen Kreis suchen und die Orientierung einer Linie innerhalb des Kreises identifizieren. Dieser Kreis befand sich entweder inmitten von grünen diamantförmigen Figuren (1) oder roten Kreisen (2). Der grüne Kreis stellte somit ein Singleton (siehe Kapitel 5.3) bezüglich der Form (1) beziehungsweise der Farbe (2) dar. Bei Auftreten eines Distraktors, in Form einer roten diamantförmigen Figur (Singleton bezüglich der Farbe (1); Singleton bezüglich der Form (2)), zeigten sich langsamere Reaktionszeiten auf den Zielreiz als bei Abwesenheit des Distraktors. Da der Distraktor nie an einem möglichen Zielreizort erschien, also somit irrelevant für das Finden des Zielreizes war, und sich sowohl in Farbe als auch Form von diesem unterschied, sah der Autor eine Begründung der langsameren Reaktion in der automatischen, bottom-up geleiteten Aufmerksamkeitsverlagerung zum irrelevanten Distraktor.

Doch laut Befürwortern der automatischen Aufmerksamkeitsverlagerungen können diese auch bei unbewusst wahrgenommenen Reizen gefunden werden. McCormick (1997) versuchte in seinem Experiment den Beweis zu erbringen, dass die Aufmerksamkeit durch unbewusst wahrgenommene visuelle Stimuli nicht willentlich, also rein automatisch, verlagert werden kann. Dabei präsentierte er durch Manipulation der Licht- und Kontrastverhältnisse (siehe Kapitel 3) Hinweisreize über und unter der subjektiven Wahrnehmungsschwelle. Weiters waren die Hinweisreize über den Zielreizort informativ, da sie häufiger auf der gegenüberliegenden Seite zum Zielreiz erschienen. Die VersuchsteilnehmerInnen wurden dabei auch instruiert, die Aufmerksamkeit auf die jeweils andere Seite zu lenken. In dem verwendeten Versuchsdesign mussten sie aber bereits nach jedem einzelnen Durchgang rückmelden, ob sie den Hinweisreiz gesehen hatten oder nicht. Da in der Bedingung mit bewusster Wahrnehmung der Hinweisreize ein Erleichterungseffekt auftrat, wenn der Hinweisreiz auf der gegenüberliegenden Seite präsentiert wurde, schloss McCormick hier auf endogene, also kontrollierte Aufmerksamkeitsverlagerungen. Bei unbewussten Hinweisreizen waren die VersuchsteilnehmerInnen bei kurzer SOA (500 ms) jedoch schneller, wenn Hinweis- und Zielreize auf der gleichen Seite präsentiert wurden, wodurch er seine Hypothese der automatischen Aufmerksamkeitsverlagerungen bei unbewussten Stimuli bestätigt sah. Bei langer SOA (1000 ms) konnten jedoch wider Erwarten keine „Inhibition of Return“-Effekte gefunden werden. Eine mögliche Begründung könnte in dem Versuchsdesign liegen, da es die VersuchsteilnehmerInnen verleitet haben könnte, aufgrund der steten Abfrage der Sichtbarkeit, eine Strategie der Hinweisreizentdeckung zu verfolgen.

Deshalb führten Ivanoff und Klein (2003) eine Folgestudie durch, in welcher sie maskierte nicht-informative Hinweisreize verwendeten. Ihr Versuchsdesign lehnten sie an das von McCormick (1997) an, fragten aber die VersuchsteilnehmerInnen nur in einer von zwei Bedingungen des Experiments, ob sie die Hinweisreize wahrgenommen hatten oder nicht. In der Rückmeldungsbedingung konnten die Autoren die gleichen Ergebnisse wie McCormick (1997) erzielen und begründen dies durch die bereits vermutete Entstehung eines Suchsets nach dem Hinweisreiz (siehe auch Kapitel 4.2). Demzufolge suchten die TeilnehmerInnen gezielt nach dem Hinweisreiz, hielten ihre Aufmerksamkeit somit länger an der Stelle, an der der Hinweisreiz erschienen war (also auch bei langer SOA) und verhinderten so die Entstehung eines „Inhibition of Return“-Effekts. In der neuen Bedingung ohne Rückmeldung über die Sichtbarkeit des Hinweisreizes, zeigte sich im Gegensatz dazu aber ein „Inhibition of Return“-Effekt. Hier sei somit laut Autoren durch das Versuchsdesign kein Suchset, also keine Suche nach dem Hinweisreiz, entstanden. Des Weiteren zeigte sich aber bei der kurzen SOA kein Erleichterungseffekt, was womöglich daran gelegen haben kann, dass das gewählte Zeitintervall für die kurze SOA zu lange war.

Im Jahr 2007 führten Mulckhuyse et al. eine Studie mit kürzerer SOA durch und fanden sowohl einen Erleichterungs- als auch einen „Inhibition of Return“-Effekt bei unbewussten nicht-informativen peripheren Hinweisreizen. Demzufolge schienen die Autoren eine Bestätigung exogener Aufmerksamkeitsverlagerung bei unbewussten Reizen gefunden zu haben (für eine nähere Beschreibung dieser Studie siehe Kapitel 7).

## **4.2 Studien zu kontrollierten Aufmerksamkeitsverlagerungen**

Eine bahnbrechende Studie zu kontrollierten Aufmerksamkeitsverlagerungen wurde im Jahr 1992 von Folk, Remington und Johnston durchgeführt. Die Autoren diskutieren dabei, dass Ergebnisse vorangegangener Studien die Möglichkeit offen lassen, dass die irrelevanten plötzlich beginnenden Hinweisreize eine ungewollte Aufmerksamkeitsverlagerung verursacht haben, da die VersuchsteilnehmerInnen aufgrund der Aufgabenstellung dazu veranlasst wurden, beispielsweise auf plötzliche Beginne eines Reizes, ein Merkmal das zumeist der Hinweis- und der Zielreiz teilten, zu reagieren (dies wäre beispielsweise der Fall bei McCormick, 1997; Ivanoff & Klein, 2003 und Mulckhuyse et al., 2007). In Anlehnung daran könnten sich auch die Ergebnisse von Theeuwes (1992) durch eine Suche nach Singletons erklären lassen. Diese theoretischen

Annahmen lassen sich in Form einer „*Contingent Capture*“-Theorie zusammenfassen. Nach dieser Theorie ziehen nur visuelle Reize, die zu den Suchabsichten der VersuchsteilnehmerInnen passen oder eine Ähnlichkeit zu dem Zielreiz aufweisen, die Aufmerksamkeit an. Die VersuchsteilnehmerInnen bilden also anhand der zielreizrelevanten Merkmale ein Suchset, das über top-down geleitete Prozesse einen Einfluss darauf hat, welche Merkmale beachtet und welche ignoriert werden sollen, um den Zielreiz erfolgreich lokalisieren zu können. Stimmt daher ein Nicht-Zielreiz ebenfalls mit den Merkmalen des gebildeten Suchsets überein, stellt es noch vor näherer Untersuchung einen potentiellen Zielreiz dar und lenkt daher die Aufmerksamkeit auf sich. Im Sinne eines validen Hinweisreizes wäre dies zum Vorteil der Zielreizerkennung. Handelt es sich aber um einen nicht-validen Hinweisreiz beziehungsweise einen Distraktorreiz werden nach der „*Contingent Capture*“-Theorie mit zeitlichen Kosten in der Aufmerksamkeitsverlagerung zum Zielreiz gerechnet.

Folk et al. (1992) beließen es aber nicht bei einer theoretischen Erörterung dieser Thematik, sondern führten auch einige Experimente durch, um ihre Annahmen zu fundieren. Dabei mussten die VersuchsteilnehmerInnen nach einem Zielreiz suchen, der an vier möglichen Orten auftreten konnte. Der Zielreiz (in Form eines „x“ oder „=“) war definiert durch ein plötzliches Erscheinen des Zeichens oder durch eine rote Färbung eines Zeichens neben drei weiteren formidenten weißen Distraktoren. Im ersten Experiment war der Hinweisreiz (4 Kreise rund um einen potenziellen Zielreizort) stets durch einen plötzlichen Beginn gekennzeichnet. Im zweiten Experiment erschien jedoch rund um alle vier potenziellen Zielreizorte jeweils dieses Set aus 4 Kreisen, wobei ein Set rot gefärbt war und hier den Hinweisreiz darstellte. Nach der „*Contingent Capture*“-Theorie wird erwartet, dass im Falle nicht-valider Hinweisreize Kosten bei der Suche nach dem Zielreiz nur dann auftreten, wenn dieser Hinweisreiz auch die Merkmalseigenschaften, die zur Suche des Zielreizes herangezogen werden, teilt. Diese Annahme konnte auch bestätigt werden. Es zeigten sich also im Falle nicht-valider plötzlich beginnender Hinweisreize (Experiment 1) Kosten bei der Suche nach einem plötzlich beginnenden Zielreiz, nicht aber bei der Suche nach einem roten Zielreiz. Im Falle nicht-valider roter Hinweisreize (Experiment 2) traten diese Kosten jedoch nur bei roten Zielreizen auf. Es wird also deutlich, dass das entstandene Suchset (Suche nach einem Reiz mit plötzlichem Beginn (1); Suche nach einem Reiz mit roter Färbung (2)) eine Lenkung der Aufmerksamkeit auf alle relevanten Reize (alle Reize mit einem plötzlichen Beginn (1); alle Reize mit roter Färbung (2)) verursacht. Ein Validitätseffekt

konnte, hypothesenkonform, daher auch nur gefunden werden, wenn Hinweisreiz und Zielreiz eine Gemeinsamkeit (plötzlicher Beginn oder rote Färbung) teilten.

Die Studie von Ansorge und Heumann (2003), die in Kapitel 5.4 näher erläutert wird, veranschaulicht besonders den Einfluss der farblichen Ähnlichkeit zwischen Hinweis- und Zielreizen. Auch hier konnte eine Bestätigung der „Contingent Capture“-Theorie gefunden werden.

Einige Studien zeigen weiters, dass eine absichtsgelenkte Aufmerksamkeitsverlagerung nicht nur bei bewusst sondern auch bei unbewusst wahrgenommenen visuellen Reizen auftreten kann (siehe auch Kapitel 3; beziehungsweise Ansorge et al., 2009; Ansorge, Horstmann & Worschech, 2010; Ansorge & Neumann, 2005; Scharlau & Ansorge, 2003).

### 4.3 Ein Vergleich zwischen beiden Ansätzen

Eine gute Veranschaulichung der aktuell herrschenden Debatte, ob die Aufmerksamkeit automatisch, bottom-up geleitet oder kontrolliert, top-down geleitet gelenkt wird, stellt Abbildung 7 dar.

		Der Sachverhalt	
		Irrelevanter Distraktor	„Contingent Cueing“-Effekte
Theoretische Perspektiven	bottom-up	Stimulus-driven Capture	Rapid disengagement/recovery
	top-down	Subtle attentional sets Filtering costs	Contingent Capture

**Abbildung 7:** Debatte zur Aufmerksamkeitslenkung (in Anlehnung an Folk & Remington, 2006)

Folk und Remington (2006) unterscheiden verschiedene Zugänge. Das Kästchen links oben („Stimulus-driven Capture“) stellt den Zugang dar, der von einer rein reizgetriebenen Aufmerksamkeitsverlagerung ausgeht, die gänzlich unabhängig von top-down geleiteten Suchsets oder individuellen Zielen und Absichten ist (siehe auch Kapitel 4.1). Dieser Ansicht nach erregt ein Singleton die Aufmerksamkeit, egal ob die Person im

Speziellen nach diesem Singleton sucht oder nicht, wie dies beispielsweise bei einem irrelevanten Distraktorreiz der Fall ist (Theeuwes, 1992).

Im Gegensatz dazu beschreibt das Kästchen rechts unten („Contingent Capture“) den Zugang, dass die Aufmerksamkeitsverlagerung durch top-down geleitete Suchsets beeinflusst werden kann (siehe auch Kapitel 4.2). Die Verlagerung der Aufmerksamkeit ist hierbei abhängig von einer Passung zwischen den Stimulusmerkmalen und einem gebildeten Suchset (Folk et al., 1992).

Die restlichen zwei Kästchen stellen jene Daten dar, die nicht gänzlich einer der zwei eben dargestellten Zugänge zugehörig sind und somit Zwischenfälle bilden. Im linken unteren Kästchen („Subtle attentional sets; Filtering costs“) zeigen sich zwei Erklärungen, warum irrelevante Distraktoren Kosten in der Suche nach dem Zielreiz auslösen können, obwohl zuvor ein absichtsgeleitetes Suchset gebildet wurde. Einerseits könnte es der Fall sein, dass das zusätzliche Singleton selbst ein subtiles Suchset (im Englischen „subtle attentional set“) auslöst. Nach Bacon und Egeth (1994) kann es zu einem „Singleton-Suchmodus“ (im Englischen „singleton search mode“) kommen, wenn auch der Zielreiz ein Singleton ist. In diesem Modus suchen die VersuchsteilnehmerInnen generell nach Singletons anstatt nach einem Singleton mit einem bestimmten Merkmal. Anhand dieser Hypothese ließen sich auch die Ergebnisse von Theeuwes (1992) anhand der „Contingent Capture“-Theorie erklären, da sowohl der Distraktor als auch der Zielreiz Singleton waren und somit eine Suche nach Singletons die Aufmerksamkeit auf beide Reize lenken würde. Eine weitere Erklärung, warum Kosten beim Auftreten irrelevanter Singletons entstehen können ist die Annahme, dass diese irrelevanten Singletons nicht die visuell räumliche Aufmerksamkeit erregen, sondern bloß eine nichträumliche Störung darstellen, die eine verlängerte Reaktionszeit auf den Zielreiz begründet. Im Experiment von Theeuwes (1992) könnte demzufolge das simultane Erscheinen des Distraktor- und des Zielreizes Filterkosten (im Englischen „filtering costs“) verursachen, da vor der Aufmerksamkeitsverlagerung entschieden werden muss, zu welchem Reiz die Aufmerksamkeit verlagert werden soll.

Doch Zwischenfälle können nicht nur zu Gunsten der „Contingent Capture“-Theorie ausgelegt werden. Befürworter bottom-up geleiteter Aufmerksamkeitsverlagerungen begründen Ergebnisse, die nicht konform mit der Hypothese einer reinen reizgetriebenen Aufmerksamkeitsverlagerung sind, anhand der „Rapid disengagement“- beziehungsweise „recovery“-Theorie. Danach soll die Aufmerksamkeit in gänzlich automatischer Weise auf irrelevante, saliente Reize gelenkt werden auch wenn sich in der Folge kein



Validitätseffekt zeigt. Denn wenn der irrelevante Distraktorreiz nicht den gesuchten Zielreizmerkmalen entspricht, wird die Aufmerksamkeit nach dieser Theorie schnell wieder von der eben beobachteten Stelle wegverlagert, wodurch sich die Aufmerksamkeit erholt („recovery“) hat und die Person wieder unbedarft reagieren kann, sobald der Zielreiz erscheint.

Es wird also deutlich, dass die Frage, ob die Aufmerksamkeit automatisch oder kontrolliert verlagert wird beziehungsweise in welchem Ausmaß ein Zusammenspiel beider Möglichkeiten stattfinden kann, noch nicht geklärt ist.

Wenn aber ein Objekt beziehungsweise ein Merkmal aufgabenrelevant ist, zeigt es sich als wahrscheinlich, dass die durch diese Reize ausgelösten Aufmerksamkeitseffekte zumindest teilweise oder möglicherweise auch gänzlich von den Absichten oder Zielen der beobachtenden Person abhängen, also top-down geleitet sind. Um jedoch bestimmen zu können, ob ein visueller Reiz die Aufmerksamkeit in gänzlich reizgetriebener, also bottom-up geleiteter Weise auf sich zieht, muss ein Aufmerksamkeitseffekt bei einem Reiz gefunden werden, dessen Eigenschaft klar aufgabenirrelevant ist, also der Person keinerlei Anreiz einer absichtlichen Aufmerksamkeitsverlagerung dorthin bietet (Yantis & Egeth, 1999). Ansorge, Horstmann und Scharlau (2011) sprechen in diesem Sinne auch von einem sogenannten „fail-safe criterion“, das in dieser Arbeit auf die Probe gestellt werden soll.

## **5 Erklärungen relevanter Begrifflichkeiten**

### **5.1 Unterscheidung zwischen Cue und Prime**

Nach McNamara (2005) zeichnet Priming eine durch den Kontext oder frühere Erfahrungen verursachte Leistungsverbesserung in einer Wahrnehmungsaufgabe oder einer kognitiven Aufgabe aus. Semantisches Priming beispielsweise bezieht sich dabei auf die Geschwindigkeits- oder Genauigkeitsverbesserung der Antwort auf einen Stimulus (wie beispielsweise ein Wort oder ein Bild), wenn dieser nach einem semantisch ähnlichen Wort, dem sogenannten „Prime“, (z.B. Heft – Buch) präsentiert wurde im Vergleich zu einem semantisch unähnlichen Wort (z.B. Tisch – Buch).

Hinweisreize generell, sogenannte „Cues“, müssen aber nicht zwingend aufgabenrelevante Informationen beinhalten. In dieser Arbeit soll der Fokus auf Hinweisreize, die örtliche aber nicht inhaltliche Informationen über den Zielreiz beinhalten können, gelegt werden.

### **5.2 Salienz**

Um den visuellen Suchstrategien des Menschen auf die Spur zu kommen haben Itti, Koch und Niebur (1998) ein Salienz-Modell, das auch Ähnlichkeiten zur Merkmalsintegrationstheorie (Treisman & Gelade, 1980) aufweist, entwickelt. Der Begriff Salienz ist hier im Sinne von Deutlichkeit (Ansorge & Leder, 2011) beziehungsweise Auffälligkeit („conspicuity“, Itti et al., 1998) zu verstehen.

Nach diesem Modell wird der visuelle Input zuerst in eine Reihe retinotoper Karten zerlegt. Die topographische Organisation der Karten entspricht demzufolge der räumlichen Anordnung auf der Retina. Diese Karten sind je einer von drei Merkmalskategorien zuzuordnen: Farbe (12 Karten), Luminanz (oder Intensität; sechs Karten) und Orientierung (24 Karten). Auf den jeweiligen Karten setzen sich dann nur jene Punkte des visuellen Feldes durch, die in der jeweiligen Merkmalskategorie besonders salient sind, also die deutlich vom Umfeld herausstechen. Nach einer Standardisierung der merkmalspezifischen Kontraste und einer linearen Kombination ergibt sich letztendlich eine einzige Karte, die Salienzkarte. Zweck dieser Salienzkarte ist es, die Salienz einer jeden Stelle des visuellen Feldes anhand einer skalaren Größe darzustellen und somit durch die räumliche Verteilung der Salienzen die Aufmerksamkeitsselektion zu lenken. Auffälligkeiten in Helligkeit, Farbe und

Orientierung begründen nach diesem Modell daher die Aufmerksamkeitsselektion, wobei die Aufmerksamkeit diesem Modell zufolge rein exogen verlagert wird.

Die Reduzierung der verschiedenen Merkmalskarten in eine Salienzkarte birgt einige Schwierigkeiten, da die jeweiligen Merkmale erstens a priori nicht vergleichbare Modalitäten darstellen und da zweitens visuelle Punkte, die nur auf einer geringen Anzahl an Karten eine hohe Salienz aufweisen im Vergleich mit der Vielzahl der restlichen Karten untergehen können (Itti & Koch, 2001).

Im Zuge dessen unterscheiden Itti und Koch (2001) in einer Erweiterung des Modells unter anderem eine „naive“ Strategie von einer Strategie mit gelernter Gewichtung.

Die „naive“ Strategie stellt dabei die einfachste Lösung der oben dargestellten Problematik dar. Dabei werden alle Merkmalskarten wie bereits erläutert standardisiert (z.B. zwischen 0 und 1) und anschließend summiert. Bei der Strategie mit gelernter Gewichtung kommt es jedoch zu einer Multiplikation jeder Merkmalskarte mit einem Gewichtungsfaktor, der sich anhand des gesuchten Reizes ergibt. Somit stellt die Salienzkarte hier die punktuell gewichtete Summe aller Merkmalskarten dar. Diese Strategie zeigt sich von besonderem Vorteil, wenn nach spezifischen Zielreizen (z.B. bestimmtes Verkehrsschild) gesucht werden muss.

### **5.3 Singleton mit plötzlichem Beginn**

Der Begriff „Singleton“ bezeichnet einen individuierten Reiz, der sich von allen zur gleichen Zeit präsentierten Reizen unterscheidet (Ansorge & Neumann, 2005) und somit eine hohe Salienz aufweist. Singletons können sich anhand verschiedener Merkmale vom Rest des visuellen Feldes abgrenzen, wie beispielsweise Unterschiede in der Orientierung, Farbe oder Bewegung (Mulckhuyse & Theeuwes, 2010).

Eine bestimmte Art von Singletons, die sich bisher beständig in ihrer Tendenz zeigten, die Aufmerksamkeit an sich zu ziehen, sind jene mit einem plötzlichem Beginn (Cole, Kentridge, & Heywood, 2004). Ein Singleton mit plötzlichem Beginn ist ein Stimulus der an einem bestimmten Ort neu erscheint, während die weiteren Stimuli oder die Hintergrundelemente unbewegt bleiben (Breitmeyer & Ganz, 1976).

Schon im Jahr 1901 stellte Titchener folgendes fest:

*„given the course of development as we know it, the organism must have attended to movement, etc., in its surroundings or have paid the penalty of inattention with its life. The moving, the new and the sudden are all possible— even probable— sources of danger“* (Titchener, 1901, S. 209)

Somit zeigt sich, dass der Mensch wohl bereits evolutionsbedingt einen besonderen Fokus auf bewegte beziehungsweise neue Objekte legt, da diese mögliche Gefahren beinhalten können, wie beispielsweise ein Stein eines Felsens, der plötzlich herunterfällt.

Auch im experimentellen Setting zeigen einige Studien, dass plötzlich beginnende Singletons die Aufmerksamkeit erregen. Dabei gibt es aber geteilte Ergebnisse, ob dies auf exogene (siehe unter anderem Jonides, 1981; Yantis & Jonides, 1984) oder endogene (siehe unter anderem Folk et al., 1992) Aufmerksamkeitsverlagerungen zurückzuführen sei. Der in den hier vorgestellten Experimenten verwendete Hinweisreiz stellt ein Singleton mit plötzlichem Beginn dar.

## **5.4 Kontraste und Farben**

Kennwerte wie Kontrast und Farbe spielen in der visuellen Wahrnehmung eine unabdingbare Rolle. Schwarz-Weiß-Filme beispielsweise zeigen zwar, dass wir auch ohne Farbe unser visuelles Bild interpretieren können, doch bei Fehlen von unterschiedlichen Ausprägungen beider Kennwerte, würde dieses Bild in einen unkenntlichen visuellen Eindruck übergehen.

Der Begriff *Kontrast* bezeichnet das Verhältnis zwischen Helligkeiten, also jenes zwischen Vordergrund- und Hintergrundleuchtdichte (Ansorge & Leder, 2011). Steinman, Steinman und Lehmkuhle (1997) untersuchten verschiedene Helligkeitskontraste in zahlreichen Experimenten und konnten zeigen, dass Helligkeitskontraste einen bedeutenden Einfluss auf die visuelle Aufmerksamkeit haben. Waren die Helligkeitskontraste zwischen Hinweisreizen und Hintergrund die gleichen, zeigten sich auch vergleichbare Aufmerksamkeitseffekte. Dies wurde insofern festgestellt, dass weiße (Luminanz: 70,6 cd/m<sup>2</sup>) oder schwarze (Luminanz: 0,87 cd/m<sup>2</sup>) Hinweisreize vor einem grauen Hintergrund (Luminanz: 8,2 cd/m<sup>2</sup>) präsentiert wurden,

wodurch die Kontraste zwischen weiß und grau sowie zwischen schwarz und grau die gleichen waren und sich die Hinweisreize somit nur in ihrem Kontrastvorzeichen voneinander unterscheiden haben. Auch Durchgänge mit höheren Helligkeitskontrasten (schwarzer Hinweisreiz auf weißem Hintergrund) und niedrigeren Helligkeitskontrasten (grauer Hinweisreiz auf weißem Hintergrund) unterschieden sich nicht signifikant in ihren Aufmerksamkeitseffekten.

Jedoch bei Farbunterschieden mit gleichen Helligkeitswerten (Luminanz: 33,0 cd/m<sup>2</sup>), die somit auch keine Helligkeitskontraste aufweisen (hier grüne Hinweisreize vor rotem Hintergrund) zeigten sich deutlich reduzierte Aufmerksamkeitseffekte im Vergleich zu den Effekten bei hohem oder niedrigem Kontrast.

Da in den hier vorgestellten Experimenten Hinweisreize Anwendung finden, die einen Helligkeitskontrast zum Hintergrund aufweisen, kann daher davon ausgegangen werden, dass diese auch das Potential haben, die Aufmerksamkeit zu erregen.

Darüber hinaus kommt es in den in dieser Arbeit vorgestellten Experimenten zur Anwendung der drei Primärfarben: Rot, Grün, Blau (RGB) als Zielreize. Der Begriff *Farbe* wird vereinfacht als Empfindung definiert, die es uns erlaubt, einheitliche Oberflächen mit gleicher Helligkeit unterscheiden zu können (Gegenfurtner & Kiper, 2003). Bereits Young und Helmholtz konnten beobachten, dass die Mischung der drei Primärfarben eine weiße Farbempfindung zur Folge hat und leiteten daraus das Dreifarbensehen, auch trichromatisches Sehen, ab (Ansorge & Leder, 2011). Wie bereits das Salienz-Modell (siehe Kapitel 5.2) zeigte, haben Farben einen Einfluss in der Aufmerksamkeitserregung. Auch in zahlreichen Studien wird das Potential von färbigen Reizen, die Aufmerksamkeit an sich zu ziehen, deutlich (siehe unter anderem Ansorge & Heumann, 2003; Ansorge, Horstmann & Carbone, 2005; Ansorge et al., 2009; Ansorge et al., 2010; Held, Ansorge & Müller, 2010; Folk et al., 1992).

Wie bereits bei Folk et al. (1992) erläutert wurde, kann das Suchset durch einen plötzlichen Beginn oder durch eine Farbe (rot) definiert werden (siehe Kapitel 4.2). Ansorge und Heumann (2003) führten eine Studie durch, bei der das Farbspektrum etwas erweitert wurde. Die verwendeten Hinweis- und Zielreize wiesen dabei entweder ähnliche oder unähnliche Farben auf. Als ähnlich waren hierbei etwa grüne Zielreize mit vorangegangenen bläulich-grünen Hinweisreizen beziehungsweise rote Zielreize mit vorangegangenen gelblich-roten Hinweisreizen einzustufen. Im Gegensatz dazu stellte die

Kombination von grünem Zielreiz mit gelblich-rottem Hinweisreiz beziehungsweise rotem Zielreiz mit bläulich-grünem Hinweisreiz eine Bedingung unähnlicher Farben dar. Die Ergebnisse zeigten, dass farbunähnliche Hinweisreize leichter ignoriert werden konnten als farbähnliche Hinweisreize. Mussten die VersuchsteilnehmerInnen also einen plötzlich erscheinenden roten Zielreiz finden, waren sie aufgrund des entstandenen Suchsets schneller bei gelblich-roten Hinweisreizen, als bei bläulich-grünen. Aber abgesehen davon, dass die Ergebnisse eine top-down geleitete Wahrnehmung bestätigen konnten, wird hier auch besonders deutlich, dass Farben ein Suchset bilden können.

Somit kann davon ausgegangen werden, dass die durch Farben definierten Zielreize, der in dieser Arbeit vorgestellten Experimenten, es den VersuchsteilnehmerInnen ermöglichen, ein Suchset, also die Suche nach rot, grün oder blau, zu bilden.

## 6 Biologische Aspekte der selektiven visuellen Aufmerksamkeit

Wie bereits zuvor erläutert wurde finden in den hier vorgestellten Experimenten die drei Primärfarben Anwendung. Grundsätzlich muss zwischen photopischem und skotopischem Sehen unterschieden werden. In der Fovea centralis, der Bereich des schärfsten Sehens und der besten räumlichen Auflösung, liegen hauptsächlich die unterschiedlich farbempfindlichen Zapfen, die eine geringe Helligkeitsempfindlichkeit aufweisen. Die Zapfen bedingen, dass wir nur tagsüber Farben gut sehen können und sind dem photopischen Sehen zugeordnet. Wenige Zapfen konvergieren auf nur wenige retinale Ganglienzellen, die im Falle des photopischen Sehens auch die Bezeichnung stationäre Zellen tragen. In größter Dichte liegen die Stäbchen im parafovealen und peripheren retinalen Bereich. Die räumliche Auflösung der nicht unterschiedlich farbempfindlichen Stäbchen ist zwar geringer als die der Zapfen, ihre Helligkeitsempfindlichkeit ist jedoch höher. Sie sind dem skotopischen Sehen zugeordnet. Im Gegensatz zu den Zapfen konvergieren zahlreiche Stäbchen auf nur einzelne retinale Ganglienzellen, die in diesem Fall auch als instationäre Zellen bezeichnet werden. (Ansorge & Leder, 2011).

Die Hauptverbindung zwischen Auge und Cortex stellt die retino-geniculo-striäre Sehbahn dar, die auf allen Ebenen retinotop organisiert ist. Zwei benachbarte Felder in der Retina erregen demzufolge auch benachbarte Neuronen auf höheren Ebenen des visuellen Systems. Von der Retina über das Chiasma opticum zieht die Sehbahn zu dem Nucleus geniculatum laterale (LGN; im Englischen „lateral geniculate nucleus“), der einen Teil des Thalamus darstellt, und anschließend in Richtung visueller Cortex. Eine Besonderheit dieser Sehbahn stellen zwei ihr zugehörige relativ unabhängige Pfade dar: Der magnozelluläre und der parvozelluläre Pfad. Nach dem Erreichen der primären Sehrinde (V1) beschreibt der magnozelluläre Pfad einen ventralen „was“-Pfad hin zum inferiotemporalen Cortex und der parvozelluläre Pfad einen dorsalen „wo“- oder „wie“-Pfad hin zum posterioren parietalen Cortex (Eysenck & Keane, 2010).

Diese beiden Pfade kommen durch die Aufteilung des LGN in Schichten zustande. Die instationären retinalen Ganglienzellen projizieren zu den zwei ventralen Schichten mit großen Zellen, auch *magnozelluläre Schichten* (M-Schichten) genannt, und die stationären retinalen Ganglienzellen zu den vier dorsalen Schichten mit kleinen Zellen,

auch *parvozelluläre Schichten* (P-Schichten) genannt. Demzufolge zeigt sich eine fortgesetzte Trennung zwischen photopischem und skotopischem Sehen auch auf Ebene des LGN. Die M-Schichten werden in der Literatur mit visuellem Orientierungs- und Bewegungssehen beziehungsweise höherer Sensitivität bezüglich Helligkeitskontrasten und die P-Schichten mit feinen Details, Farb-, Oberflächenstruktur- und Formsehen in Verbindung gebracht. Im Gegensatz zu den P-Schichten sind die Antworten der Zellen in den M-Schichten schneller und kurzlebiger (Goodale & Milner, 1992; Livingstone & Hubel, 1988; Kaplan & Shapley, 1986; Steinman et al., 1997; Ansorge & Leder, 2011)

Da weniger als 10 % der afferenten Inputs des LGN aus der Retina und mehr als 90 % aus dem Cortex kommen, wird deutlich, dass der LGN möglicherweise eine aktive Rolle in der visuellen Verarbeitung einnimmt (Ansorge & Leder, 2011) und eine erste Ebene darstellen könnte, in welcher kortikale top-down Feedbacksignale die visuelle Verarbeitung beeinflussen können (O'Connor, Fukui, Pinsk, & Kastner, 2002). Entgegen der früheren Annahme, dass der LGN eine reine Schnittstelle (im Englischen „gateway“) zum visuellen Cortex darstelle, sehen O'Connor et al. (2002) seine Funktion eher als Informationsregulator (im Englischen „gatekeeper“) im Aufmerksamkeitsprozess. Beeinflussende Strukturen könnten dabei der Hirnstamm, die Colliculi superiores (SC; im Englischen „superior colliculi“) und der Nucleus reticularis im Thalamus sein. Der LGN könnte somit wie ein Filter die Weiterleitung bestimmter spezifischer Daten verstärken und irrelevanter Daten dämpfen (siehe auch Ansorge & Leder, 2011).

Wie bereits erwähnt sind instationäre Zellen zumeist in der Peripherie der Retina angesiedelt und reagieren sensibel auf Bewegungen, wie beispielsweise das plötzliche Erscheinen eines neuen Objekts. Eine Funktion dieser Zellen ist es, die potentiell interessante, aber noch nicht fixierte Stelle für eine Blickzuwendung zu markieren. Um diese Funktion zu erfüllen, bedarf es ihrer Projektion zu den SC, die eine bedeutende Rolle in der Steuerung der Blicke inne haben. Anatomisch gesehen ist der SC ein Teil der magnozellulären Projektion, wobei die Oberflächenschichten hauptsächlich aus den farbenblinden aber kontrastsensiblen instationären retinalen Ganglienzellen ihren Input erhalten. Die motorischen Zellen befinden sich in den tieferen Schichten der SC und können einen Blicksprung auslösen (Ansorge & Leder, 2011). Es lässt sich also schließen, dass der SC sensibel auf Kontrastwechsel reagiert, wie dies beispielsweise bei plötzlichem Erscheinen visueller Reize der Fall ist.



Obwohl eine Manipulierung der Reizeigenschaften nicht ausschließlich einen der beiden Pfade aktivieren kann, kann doch eine Bevorzugung des einen Pfades auf Kosten des anderen stattfinden. (Steinman et al., 1997). In Experimenten von Steinman et al. (1997) zeigte sich eine bevorzugte Aktivierung des magnozellulären Pfades, wenn ein kontrastdefinierter Reiz in Konkurrenz zu einem farbdefinierten Reiz steht.

Desimone und Duncan (1995) beschreiben generell einen gewichteten Wettbewerb (im Englischen „biased competition“) zwischen Merkmalen, Objekten oder Orten. Je nach Aufgabe können bestimmte Eigenschaften des Inputs, wie etwa Farbe, Bewegung, oder Ort, verhaltensrelevant sein und demzufolge aufgrund der begrenzten Kapazitäten eine Bevorzugung der relevanten Inputs im visuellen Cortex bedingen (siehe auch Duncan & Humphreys, 1989).

Zur Erklärung unbewusster Wahrnehmung gibt es verschiedene biologisch fundierte Modelle. Lamme (2003) geht von einer Vorwärtsverarbeitungsphase aus, die sukzessive die visuellen und schließlich die kortikalen Areale aktiviert. Dabei beginnt diese Aktivierung bei der primären Sehrinde (V1) ca. 40 ms nach Erscheinen des Reizes. Bereits nach etwa 80 ms sind fast alle visuellen Areale aktiviert und nach 120 ms alle kortikalen Areale des Gehirns. Sobald diese Vorwärtsströme (im Englischen „feedforward sweeps“) ein Areal erreicht haben beginnen rekurrente Prozesse der Neuronen innerhalb des Areals und der Neuronen, die zuvor auf den niedrigeren Levels aktiviert wurden. Durch diese rekurrenten Feedback-Prozesse können visuelle Reize anschließend das Bewusstsein erreichen.

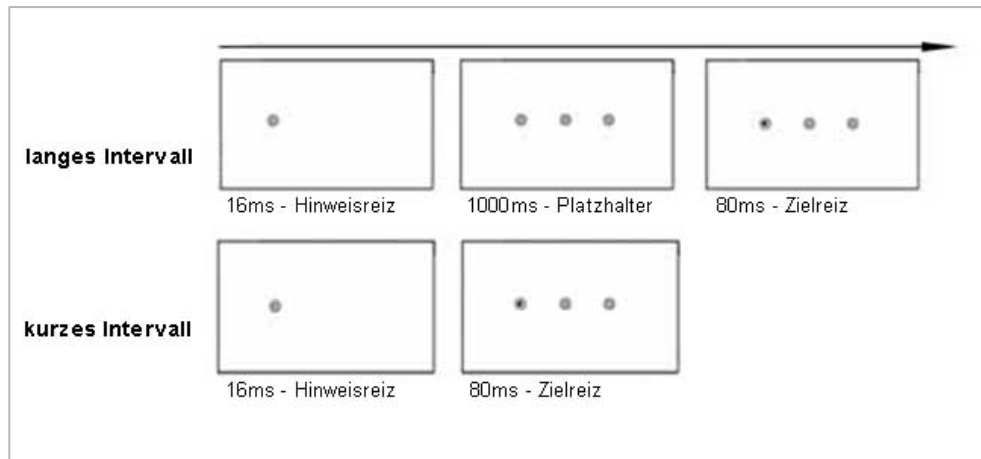
Im Falle der unbewussten Wahrnehmung gibt es unterschiedliche Ansichten, über die Auswirkungen im visuellen System. Während beispielsweise Tapia und Breitmeyer (2011) die unbewusste Wahrnehmung mit dem parvozellulären Pfad in Verbindung bringen, scheinen andere Studien Zusammenhänge zwischen unbewusster Wahrnehmung und dem SC gefunden zu haben (siehe unter anderem Sahrai, Weiskrantz, Barbur, Simmons & Brammer., 1997; Van der Stigchel, Mulckhuyse & Theeuwes, 2009; Mulckhuyse et al., 2007).

## **7 Das Ausgangsexperiment (Mulckhuyse et al., 2007)**

Die Ausgangsstudie meiner Diplomarbeit stellt das Experiment von Mulckhuyse, Talsma und Theeuwes (2007) dar. Die Autoren wollten dabei herausfinden, ob sie in einem Design mit unbewusst wahrgenommenen Hinweisreizen Aufmerksamkeitseffekte durch exogene Aufmerksamkeitsverlagerungen erzielen können. In diesem Design war der Hinweisreiz durch eine graue Scheibe gekennzeichnet, die einen kurzen Moment früher erschien als zwei weitere graue Scheiben, und sollte durch diesen kurzen zeitlichen Abstand den Anschein eines gleichzeitigen Erscheinens aller drei Scheiben erwecken und somit nur unbewusst wahrgenommen werden. Laut Autoren würde der Hinweisreiz weiters keine Eigenschaften mit dem Zielreiz teilen, da der Zielreiz ein schwarzer Punkt war, und auch den Ort des Zielreizes nicht anzeigen sein. Somit erwarteten die Autoren sowohl einen Erleichterungs- als auch einen „Inhibition of Return“-Effekt, wenn es sich aufgrund ihres Designs um exogene unbewusste Aufmerksamkeitseffekte handelte.

Sechzehn Personen nahmen an diesem Experiment teil, wobei die Stimuli auf einem 19-inch Monitor mit einer Auflösung von 1024 x 768 Pixel und einer Bildwiederholfrequenz von 120 Hz präsentiert wurden. Um immer auf den Bildschirmmittelpunkt fixiert zu bleiben wurde eine Kinnstütze mit einem Abstand von 75cm zum Bildschirm angebracht. Das Experiment bestand aus zwei Bedingungen, wobei die erste Bedingung, der „Subliminal cueing“-Bedingung aus fünf Blöcken mit je 40 Durchläufen, und die zweite Bedingung, der „Cue report“-Bedingung aus vier Blöcken mit je 20 Durchläufen bestand. Alle Stimulie wurden auf einem grauen Bildschirmhintergrund ( $x=0,286$  und  $y=0,322$ ; Luminanz:  $4,6 \text{ cd/m}^2$ ) präsentiert.

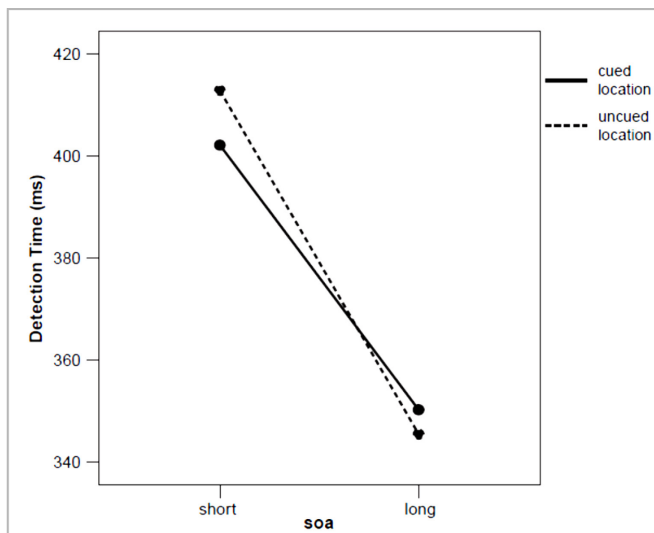
Jeder Durchlauf begann mit einem schwarzen Fixationskreuz, welches 1000 ms auf der Bildschirmmitte aufschien. Nachdem anschließend das Kreuz für 200 ms verschwand erschien, wie Abbildung 8 veranschaulicht,  $6,7^\circ$  rechts oder links von der Bildschirmmitte eine graue Scheibe ( $x=0,287$  und  $y=0,315$ ; Luminanz:  $12,7 \text{ cd/m}^2$ ) 16 ms früher als zwei weitere Scheiben gleicher Helligkeit, Form und Größe. Entweder zugleich mit dem Erscheinen der beiden Scheiben (kurze SOA) oder nach einer Zeitverzögerung von 1000 ms (lange SOA) erschien der Zielreiz in 80% der Durchläufe in Form eines kleinen schwarzen Punkts innerhalb der linken oder der rechten Scheibe. Nach 80 ms verschwand der Zielreiz und nach weiteren 200 ms auch die drei grauen Scheiben.



**Abbildung 8:** Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus. Die obere Zeile zeigt die Abfolge bei langer SOA, unten ist die Abfolge bei kurzer SOA zu sehen.

Die „Cue report“-Bedingung zeigte keine Veränderungen in der Abfolge der Stimuli, außer eines Beendens des Durchlaufes bei gegebener Antwort der/des Testteilnehmerin/Testteilnehmers. In dieser Bedingung wurden die Testteilnehmer/innen jedoch informiert, dass eine der drei grauen Scheiben vor den anderen erscheint. Sie mussten nun den Zielreiz ignorieren und nur angeben, ob die linke oder rechte Scheibe früher erscheint.

Wie Abbildung 9 veranschaulicht ergab eine Varianzanalyse mit Messwiederholung mit den Faktoren „SOA“ (langes und kurzes Intervall) und „Position des Hinweisreizes“ (gleiche Position und unterschiedliche Position bezogen auf den Zielreiz) ergab sowohl einen Erleichterungseffekt (kürzere Reaktionszeiten bei kurzer SOA, wenn Hinweis- und Zielreiz auf der gleichen Seite und nicht auf der jeweils anderen Seite erschienen sind; 402 ms vs. 413 ms;  $t(15) = 2,79, p < .05$ ) als auch einen „Inhibition of Return“-Effekt (kürzere Reaktionszeiten bei langer SOA, wenn Hinweis- und Zielreiz auf der jeweils anderen Seite als auf der gleichen Seite erschienen sind; 350 ms vs. 345 ms;  $t(15) = 2,24, p < .05$ ). Auch bezüglich des Hauptfaktors „Position des Hinweisreizes“ zeigten sich signifikante Unterschiede in den Reaktionszeiten zwischen kurzer und langer SOA.



**Abbildung 9:** Ergebnisdarstellung des Ausgangsexperiments: Durchschnittliche Reaktionszeiten bei gleicher Position (cued; durchgehende Linie) und ungleicher Position (uncued; strichlierte Linie) sowie bei langer (long) und kurzer (short) SOA. (aus Mulckhuyse et al., 2007)

Während Vorgängerstudien (unter anderem McCormick, 1997; Ivanoff & Klein, 2003) bei Verwendung subliminaler Hinweisreize nicht beide Aufmerksamkeitseffekte finden konnten, zeigten sich hiermit erstmals sowohl ein Erleichterungs- als auch ein „Inhibition of Return“-Effekt. Da zweiterer Effekt, wie häufig in der Literatur beschrieben (siehe unter anderem Posner & Cohen, 1984; Klein, 2000; Mulckhuyse & Theeuwes, 2010), aus automatischen, also exogenen, Aufmerksamkeitsverlagerungen resultiert, können diese Ergebnisse laut Autoren als Bestätigung von bottom-up hervorgerufenen Aufmerksamkeitseffekten gesehen werden. Allerdings können sie auch top-down Einflüsse nicht ausschließen, da der Hinweisreiz an einer möglichen Stelle des Zielreizes erscheint, und er auch in ein mögliches Suchset nach dem Zielreiz passen würde. Denn wenn man bedenkt, dass beide Stimuli plötzlich erscheinen und die VersuchsteilnehmerInnen auch einfach nach einem plötzlich erscheinenden Reiz gesucht haben könnten würden sowohl der Ziel- als auch der Hinweisreiz in das Suchschema passen. Die Autoren sehen ihre Ergebnisse jedoch als Bestätigung der bottom-up Hypothese da sie es als generelles Übereinkommen sehen, dass der „Inhibition of Return“-Effekt nur bei exogenen Aufmerksamkeitsverlagerungen auftritt und sich dieser Effekt in dem Experiment zeigt (siehe jedoch auch Kapitel 2.2).

Die Auswertung der 2. Bedingung zeigte anhand eines einseitigen Binomialtests, dass die Hinweisreize nicht bewusst wahrgenommen wurden (durchschnittliche

Erkennungsleistung 50%; min. 44% und max. 59%;  $p = .98$ ) Eine Begründung der unbewussten Wahrnehmung sehen die Autoren in dem neurobiologischen Modell der visuellen Aufmerksamkeit und Bewusstheit von Lamme (2003), auf welches bereits in Kapitel 6 näher eingegangen wurde. Da bei dem Experimentaldesign von Mulckhuyse et al. (2007) eine Scheibe nur 16 ms vor den beiden anderen Scheiben gezeigt wurde, diskutieren die Autoren, in Anlehnung an Di Lollo, Enns & Rensink (2000), dass dabei der visuelle Input der ersten Scheibe durch die neue visuelle Information der drei Scheiben ersetzt werden würde, noch bevor die erste Scheibe durch rekurrente Prozesse ins Bewusstsein gelangen könnte. Sie diskutieren im Weiteren, dass die beginnende Aktivierung durch den Hinweisreiz zuerst den SC erreicht haben soll, der schließlich ursächlich für die gefundenen Aufmerksamkeitseffekte gewesen sein soll.

# DARSTELLUNG DER EXPERIMENTE

---

## 8 Experiment 1

Die hier vorgestellten zwei Experimente bauen auf das Experiment von Mulckhuyse et al. aus dem Jahr 2007 auf. Die Fragestellung, Hypothesen, der genaue Aufbau und die Ergebnisse des ersten Experiments, sowie eine Diskussion desgleichen werden nun im Folgenden näher beschrieben.

### 8.1 Fragestellung

Mulckhuyse et al. (2007) können, obwohl sie eine Bestätigung der bottom-up Sichtweise beschreiben, auch top-down Einflüsse aufgrund des Suchsets nicht ausschließen, da sowohl der Hinweisreiz, als auch der Zielreiz plötzlich beginnend und beide Singletons waren, also kurz gesagt sehr wohl Eigenschaften teilen.

Dieser plötzliche Beginn könnte wie bei Folk et al. (1992) ein Suchset ausmachen (siehe Kapitel 4.2), wodurch die Aufmerksamkeit möglicherweise nicht automatisch (bottom-up geleitet), sondern kontrolliert (top-down geleitet), also willentlich verlagert wurde. Somit stellt sich die Frage, ob sich der Erleichterungseffekt und der „Inhibition of Return“-Effekt auch dann zeigen, wenn sich Ziel- und Hinweisreiz nicht in Bezug auf ihren plötzlichen Beginn gleichen.

Da Farben ein Suchset bilden können (siehe Kapitel 5.4), ergibt sich weiters die interessante Fragestellung, ob sich bei einem Design, welches auf Mulckhuyse et al. (2007) aufbaut, aber Farbwechselreize, nicht-plötzlich erscheinende Zielreize verwendet, ebenfalls Aufmerksamkeitseffekte hervorruft wie bei den Autoren.

Daher sollen nun anhand des Experiments 1 eventuelle Kritikpunkte des Ausgangsexperiments mithilfe eines etwas abgeänderten Versuchsdesigns näher beleuchtet werden und damit das sogenannte „fail-safe criterion“ (siehe Kapitel 4.3) auf die Probe gestellt werden. In dem hier verwendeten Versuchsdesign weisen die Hinweis- und Zielreize keine gemeinsamen Merkmale auf und die Zielreize stellen im Gegensatz zu den Hinweisreizen keine Singletons dar. Ein „Singleton Suchmodus“ (siehe Kapitel 4.3) beziehungsweise eine Suche nach einem plötzlichen Beginn kann daher ebenfalls ausgeschlossen werden.

## 8.2 Hypothesen

### ***Bottom-up Hypothese:***

Die Hinweisreize ziehen die Aufmerksamkeit durch ihren plötzlichen Beginn auf sich, obwohl sie nicht in das Suchset (Suche nach einer bestimmten Farbe) passen und verursachen dadurch *Aufmerksamkeitseffekte* im Sinne eines Erleichterungs- und „Inhibition of Return“-Effekts.

### ***Top-down „Contingent capture“ Hypothese:***

Die Hinweisreize werden ignoriert, da sie nicht in das Suchset (Suche nach einer bestimmten Farbe) passen und verursachen somit auch *keine Aufmerksamkeitseffekte* im Sinne eines Erleichterungs- und „Inhibition of Return“-Effekts.

## 8.3 Methode

### **8.3.1 Teilnehmer**

An dieser Studie nahmen 24 Psychologiestudentinnen und -studenten (19 davon weiblich) mit einem Altersdurchschnitt von 23,1 (im Alter zwischen 19 und 36) teil. Alle hatten zum Zeitpunkt der Testung ein normales oder ein durch Sehhilfen korrigiertes normales Sehvermögen und keine Probleme mit der Farberkennung, was anhand der Ishihara Farbtafeln auch überprüft wurde.

### **8.3.2 Setting**

Das Experiment 1 wurde in Wien in einem Testraum des Psychologikums durchgeführt. Es konnten bis zu 6 Personen gleichzeitig getestet werden, wobei jedoch für jede Testperson die gleiche standardisierte Testsituation geschaffen wurde: Das Experiment wurde am Computer mit einem 19-inch TFT-Monitor, einer Auflösung von 1024 x 768 Pixel und einer Bildwiederholfrequenz von 60 Hz durchgeführt. Indirekte Beleuchtung wurde durch abgedrehte Deckenleuchten und einer eingeschalteten Tischlampe hinter dem Bildschirm erzielt. Die Blickrichtung der Testpersonen wurde durch eine auf dem Tisch montierte Kinnstütze auf einen Abstand von 64cm zum Bildschirm standardisiert, wobei der Blick stets gerade auf die Mitte des Bildschirms gerichtet war. Auch die Stuhlhöhe konnte je nach Größe der Testperson an die Höhe der Kinnstütze angepasst werden.

### 8.3.3 Aufbau

Alle Stimuli werden vor einem grauen Hintergrund präsentiert und beinhalten schwarze oder weiße Ringe und schwarze oder weiße Scheiben innerhalb dieser Ringe, die ihre Farbe zu rot, blau oder grün wechseln.

**Tabelle 1:** Kontrast- und Farbcodes sowie Luminanzwerte (Helligkeitswerte) der verwendeten Stimuli

Kontraste und Farben	RGB-Code	Luminanz
Schwarz	40/ 40/ 40	23 cd/m <sup>2</sup>
Weiß	230/ 230/ 230	122 cd/m <sup>2</sup>
Grau	125/ 125/ 125	72,5 cd/m <sup>2</sup>
Rot	255/ 0/ 0	72,5 cd/m <sup>2</sup>
Blau	51/ 115/ 255	72,5 cd/m <sup>2</sup>
Grün	0/ 153/ 0	72,5 cd/m <sup>2</sup>

Durch die schwarzen beziehungsweise weißen Stimuli vor dem grauen Hintergrund ergibt sich ein Weber Kontrast ( $C_w$ ) von jeweils  $\pm 0.68$ . Die Luminanzwerte der drei verwendeten Farben sind sowohl untereinander als auch mit dem grauen Hintergrund angeglichen.

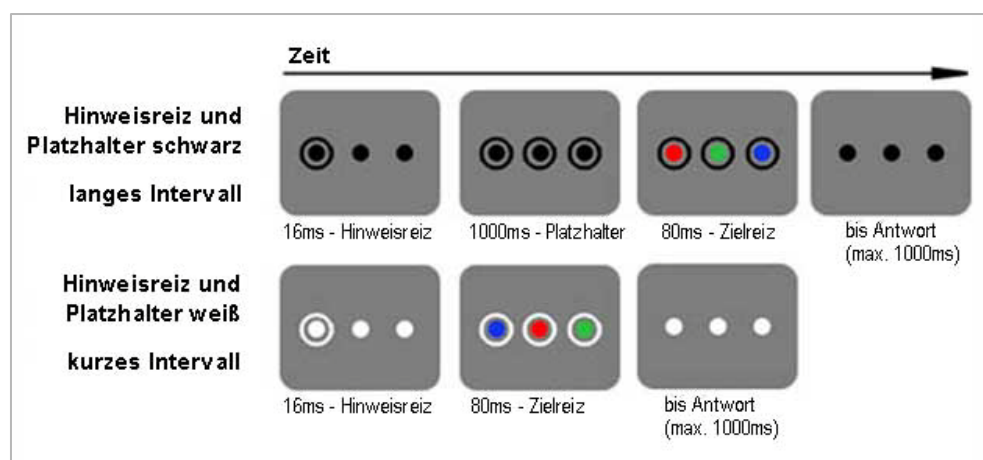
Wie bereits bei Mulckhuyse et al. (2007) wird das Experiment hier auch in zwei Bedingungen geteilt:

#### ***Subliminal Cueing Task***

In der ersten Bedingung geht es darum, den Zielreiz, welcher je nach Instruktion rot, blau oder grün ist, zu entdecken und dabei so schnell wie möglich die Leertaste zu drücken. Wie aus Abbildung 10 ersichtlich ist, erscheinen permanent 3 schwarze oder 3 weiße Scheiben (Durchmesser:  $1,9^\circ$ , 61 Pixel) auf dem Bildschirm. Danach erscheint randomisiert rund um die rechte oder die linke Scheibe der Hinweisreiz in Form eines Ringes ( $6,7^\circ$ , 214 Pixel, von der Bildschirmmitte entfernt (zwischen Mittelpunkt und Mittelpunkt); äußerer Durchmesser =  $3^\circ$  (96 Pixel); innerer Durchmesser =  $2,5^\circ$  (80 Pixel, also „Dicke“ =  $0,25^\circ$  = 8 Pixel)) in gleicher Farbe wie die Scheiben, also schwarz oder weiß. Bereits nach 16 ms erscheinen zwei weitere Ringe als Platzhalter, die ebenfalls die



gleiche Farbe wie die Scheiben aufweisen, rund um die anderen beiden Scheiben. Dieser kurze Abstand soll sicherstellen, dass der Hinweisreiz unbewusst bleibt (siehe Kapitel 3). Im kurzen Intervall (kurze SOA) wechseln die drei Scheiben zugleich mit dem Erscheinen der zwei Ringe 80 ms lang ihre Farbe in rot, blau und grün. Mit diesem Farbwechsel geht natürlich auch eine Veränderung der Luminanz einher (siehe Tabelle 1). Im langen Intervall (lange SOA) passiert dieser Farbwechsel erst 1000 ms nach Erscheinen der Platzhalter und bleibt ebenfalls für 80 ms. In beiden Fällen erscheint die gesuchte Farbe entweder auf der rechten oder der linken, nie jedoch auf der mittleren Scheibe. In 20% der Durchgänge insgesamt tritt jedoch kein Farbwechsel auf und somit auch kein Zielreiz (Catchtrials). Nach Verstreichen der 80 ms werden die Scheiben wieder schwarz oder weiß und erst nach weiteren 200 ms verschwinden auch die drei Ringe vom Bildschirm. Entweder nach dem Tastendruck oder nach 1000 ms beginnt ein neuer Durchgang. Bei falschem Antwortverhalten der Versuchsperson (Tastendruck ohne Zielreiz oder kein Tastendruck bei einem Zielreiz) erscheint kurz eine Fehlerrückmeldung auf dem Bildschirm.



**Abbildung 10:** zeitlicher Ablauf des Experiments 1

Die VersuchsteilnehmerInnen mussten in dieser ersten Bedingung wie bereits erwähnt entweder nach einer roten, blauen oder grünen Scheibe suchen und die Leertaste so schnell wie möglich bei Erkennen drücken. Vor Beginn der Testung gab es eine kurze Testinstruktion am Bildschirm und 8 Probedurchgänge, um das Instruktionsverständnis der VersuchsteilnehmerInnen zu gewährleisten. Die erste Bedingung besteht aus 4 Blöcken zu jeweils 60 Durchgängen (also insgesamt 240 Durchgänge), wobei die Färbung der Scheiben und Ringe in schwarz und weiß blockweise getrennt und in der

Testung ausbalanciert vorgegeben wurde. Somit ergaben sich, wie Tabelle 2 veranschaulicht, insgesamt 6 Testgruppen.

**Tabelle 2:** Darstellung der 6 Testgruppen

<i>Suche nach</i>	<b>Farbe der Scheiben (vor Erscheinen des Zielreizes) und Ringe</b>			
	<i>Block 1</i>	<i>Block 2</i>	<i>Block 3</i>	<i>Block 4</i>
rot	schwarz	weiß	schwarz	weiß
rot	weiß	schwarz	weiß	schwarz
grün	schwarz	weiß	schwarz	weiß
grün	weiß	schwarz	weiß	schwarz
blau	schwarz	weiß	schwarz	weiß
blau	weiß	schwarz	weiß	schwarz

### ***Cue Report Task***

Die zweite Bedingung unterscheidet sich bezüglich des Aufbaus nur in einem Punkt von der ersten Bedingung: Pro Block gibt es hier lediglich 20 Durchgänge (also insgesamt 80 Durchgänge).

Ein großer Unterschied zum „Subliminal Cueing Task“ besteht jedoch in der verschiedenen Instruktion. Die VersuchsteilnehmerInnen werden hier instruiert, die Zielreize zu ignorieren – also nicht mehr nach der zuvor gesuchten Farbe zu suchen – und nur auf die Ringe zu achten. Sie werden informiert, dass ein Ring früher als die anderen beiden erscheint. Dabei müssen sie über die Tasten „x“ und „,\" („Komma“-Taste) angeben, ob der linke („x“) oder der rechte („,\"“) Ring früher erschienen war. Somit soll überprüft werden, ob die Hinweisreize gesehen werden oder nicht. In dieser Bedingung gibt es im Gegensatz zur ersten Bedingung keine Rückmeldung über die Richtigkeit der gegebenen Antwort.

## **8.4 Ergebnisse**

Bei dem Experiment 1 müssen die Personen wie bereits beschrieben so schnell wie möglich auf einen Reiz per Tastendruck reagieren. Bei der statistischen Auswertung mittels SPSS wurden die inkorrekten Durchgänge (Tastendruck ohne Zielobjekt

beziehungsweise kein Tastendruck bei Vorhandenseins eines Zielobjekts), die 1,3% der Durchgänge ausmachten, sowie Ausreißer (Werte, die mehr als 2 Standardabweichungen vom Mittelwert abweichen), welche weitere 1,4% der Durchgänge ausmachten, aus den Berechnungen ausgeschlossen.

#### 8.4.1 Subliminal Cueing Task

Mit dem nun bereinigten Datensatz der 1. Bedingung, dem sogenannten „Cue Report Task“ wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung bezüglich der Reaktionszeit der VersuchsteilnehmerInnen mit den Faktoren „Position des Hinweisreizes“ (gleiche Position wie vs. unterschiedliche Position als der Zielreiz) und „SOA“ (kurze vs. lange Zeitverzögerung zwischen Hinweisreiz und Zielreiz) berechnet. Dabei zeigten sich keine signifikanten Effekte:

*„Position des Hinweisreizes“:  $F(1,24) = 0,017, p = .898, \eta_p^2 = .001$*

Mittelwert für „gleiche Position“ (valide Bedingung): 340,04 ms

Mittelwert für „unterschiedliche Position“ (nicht-valide Bedingung):  
339,79 ms

*„SOA“:  $F(1,24) = 0,76, p = .392, \eta_p^2 = .032$*

Mittelwert für „kurze Zeitverzögerung“ (kurze SOA): 342,32 ms

Mittelwert für „lange Zeitverzögerung“ (lange SOA): 337,50 ms

*Interaktion zwischen „Position des Hinweisreizes“ und „SOA“:  $F(1,24) = 0,581, p = .454, \eta_p^2 = .025$*

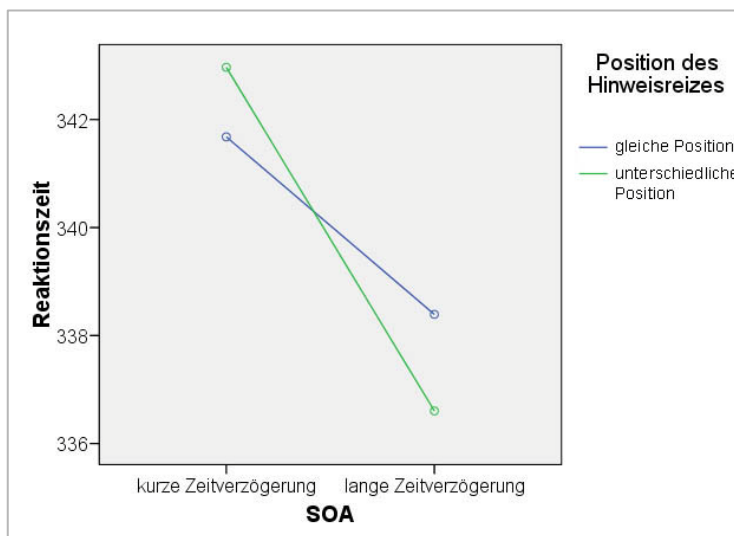
Mittelwerte siehe Tabelle 3

**Tabelle 3:** Experiment 1: Mittelwerte im Vergleich (1: valide Bedingung; 2: nicht-valide Bedingung)

Pos. d. Hinweisreizes	SOA	Mittelwert	Standardfehler	95% Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
1	kurz	341,680	9,753	321,503	361,856
	lang	338,392	7,887	322,075	354,708
2	kurz	342,968	10,395	321,464	364,472
	lang	336,604	7,469	321,154	352,055

*Position des Hinweisreizes\*SOA*

Es zeigen sich somit bei dem Experiment 1 keine signifikanten Unterschiede zwischen den Positionen des Hinweisreizes (gleiche vs. verschiedene Position;  $F(1,24) = 0,017$ ,  $p = .898$ ), als auch keine Unterschiede zwischen den beiden Ausmaßen der SOA (kurze vs. lange Zeitverzögerung,  $F(1,24) = 0,76$ ,  $p = .392$ ).



**Abbildung 11:** Ergebnisdarstellung des Experiments 1

Wie die Tabelle 3 und Abbildung 11 veranschaulicht, deuten die Ergebnisse der Interaktion zwischen „Position des Hinweisreizes“ und „SOA“ zwar einen „Erleichterungseffekt“ (bei kurzer Zeitverzögerung niedrigere Mittelwerte bei gleicher Position als bei unterschiedlicher Position) sowie einen „Inhibition of Return“-Effekt (bei langer Zeitverzögerung höhere Mittelwerte bei gleicher Position als bei unterschiedlicher

Position) an, jedoch sind diese Mittelwertunterschiede so minimal, dass hier keine Signifikanz erreicht wird ( $F(1,24) = 0,581$ ,  $p = .454$ ). und somit von keinen Aufmerksamkeitseffekten ausgegangen werden kann

#### 8.4.2 Cue Report Task

Alle VersuchsteilnehmerInnen berichteten, den Hinweisreiz in der 1. Bedingung des Experiments 1 nicht gesehen zu haben, wodurch keine subjektive Sichtbarkeit der Hinweisreize in der „Subliminal Cueing Task“-Bedingung anzunehmen ist.

Um auch Aussagen über die objektive Sichtbarkeit der Hinweisreize treffen zu können mussten die VersuchsteilnehmerInnen in der 2. Bedingung des Experiments 1 per Tastendruck, wie bereits beschrieben, angeben, auf welcher Seite (rechts oder links) der Ring ihrer Meinung nach vor den beiden Platzhaltern erschienen war.

Unter Ausschluss der Durchgänge, an denen kein Zielreiz vorhanden war, wurden als Sensitivitätsmaße der  $d'$  sowie das Antwortkriterium berechnet. Dabei wurden korrekte Antworten bei Hinweisreizen auf der rechten Seite als „Treffer“ und inkorrekte Antworten bei Hinweisreizen auf der rechten Seite (also wenn der Hinweisreiz tatsächlich auf der linken Seite erschienen war) als „Falscher Alarm“ bezeichnet. Die Berechnung in Form der Differenz zwischen den z-transformierten Wahrscheinlichkeiten der „Treffer“ minus der z-transformierten Wahrscheinlichkeiten der „Falschen Alarme“ (also  $d' = z(\text{„Treffer“}) - z(\text{„falscher Alarm“})$ ) ergibt einen Wert von Null bei kompletter Zufälligkeit der Antworten (also einer nicht vorhandenen Sichtbarkeit der Hinweisreize) und kann bis zur Unendlichkeit anwachsen bei steigender Diskriminationsleistung (also einer vorhandenen Sichtbarkeit der Hinweisreize). Bei der 2. Bedingung des Experiments 1 zeigt sich ein durchschnittlicher  $d'$ -Wert von 1,8 (Minimum: 0,1 und Maximum: 3,7), der signifikant über dem Zufallsniveau ( $p < .001$ ) liegt.

Das Antwortkriterium ( $c = -0.5 * (z(\text{„falscher Alarm“}) + z(\text{„Treffer“}))$ ) ergibt hier einen Durchschnittswert von -0,1 (Minimum: -0,8 und Maximum: 1,0) und weicht nicht signifikant von Null ab ( $p = .19$ ).

Im Zuge einer Plausibilitätsprüfung wurde auch eine Regressionsanalyse zwischen der „Position des Hinweisreizes“ (gleiche vs. unterschiedliche Position) als eine Funktion der Diskrimination ( $d'$ ) im Fall der kurzen SOA gerechnet. Dabei zeigt sich, dass der Achsenabschnitt nicht signifikant höher als Null ist ( $a = -2,5$ ,  $p = .62$ ) und auch keine

signifikante Korrelation zwischen Diskrimination und Reaktionszeitunterschiede ( $\beta = 0,11, p = .62$ ) besteht.

Somit zeigt eine Analyse der 2. Versuchsbedingung des Experiments 1, dass hier die Hinweisreize überzufällig häufig von den VersuchsteilnehmerInnen gesehen wurden.

## 8.5 Diskussion

Würde die Aufmerksamkeit rein exogen verlagert und das „fail-safe criterion“ erfüllt werden, sollten sich in Experiment 1 Aufmerksamkeitseffekte zeigen, da der Hinweisreiz einen salienten Singleton (siehe Kapitel 5.2 und 5.3) darstellt (Bottom-up Hypothese). Haben die Hinweisreize jedoch keinen Einfluss auf die Reaktionszeiten der VersuchsteilnehmerInnen, da sie nicht in das gebildete Suchset der TeilnehmerInnen (siehe Kapitel 4.2) passen, würde dies für eine top-down geleitete Aufmerksamkeitsverlagerung sprechen und demzufolge keine Aufmerksamkeitseffekte verursachen (Top-down „Contingent Capture“ Hypothese).

Da in der Auswertung der ersten Bedingung des Experiments 1 die beiden Faktoren „Position des Hinweisreizes“ und „SOA“ weder für sich alleine noch in der Interaktion Signifikanzen erreichen zeigen sich hier im Gegensatz zum Ausgangsexperiment keine Aufmerksamkeitseffekte im Sinne eines Erleichterungs- oder „Inhibition of Return“-Effekts. Diese Ergebnisse sprechen also gegen eine bottom-up und für eine top-down geleitete Aufmerksamkeitsverlagerung.

Eine mögliche Schwäche des Versuchsdesign könnte jedoch die Tatsache darstellen, dass der Zielreiz bei jedem Farbwechsel der Scheiben erscheint. Die schwarzen oder weißen Scheiben wechseln die Farbe in dem gewählten Design immer auf alle rot, grün und blau; abgesehen von den Catchtrials, in welchen der Farbwechsel auf keiner der drei Scheiben passiert. Die Reaktion der VersuchsteilnehmerInnen könnte dadurch womöglich rein durch das Erscheinen der Farben beziehungsweise einer damit einhergehenden Kontrastreduktion beeinflusst worden sein. Es wäre daher interessant das Versuchsdesign so zu gestalten, dass vier statt drei Farben als Ziel- und Distraktorreize auftreten können, also beispielsweise rot, grün, blau und gelb. Auf diese Weise könnte auch im Fall der Catchtrials ohne Zielreiz ein Farbwechsel auf drei verschiedene Farben und damit eine Kontrastreduktion stattfinden.

Die Auswertung der zweiten Bedingung zeigt, dass die VersuchsteilnehmerInnen die Hinweisreize in diesem zweiten Teil des Experiments bewusst wahrgenommen haben. Eine unbewusste Wahrnehmung der Hinweisreize scheint jedoch aufgrund der subjektiven Beurteilungen der TeilnehmerInnen für den ersten Teil des Experimentes sehr wohl stattgefunden zu haben. Wenn davon ausgegangen wird, dass eine unbewusste Wahrnehmung anhand der Veränderungsblindheit erklärt werden kann, scheint es plausibel, dass die Personen die Hinweisreize in der ersten Bedingung tatsächlich nur unbewusst wahrgenommen haben. In der zweiten Bedingung könnte jedoch die Lenkung der Aufmerksamkeit auf die Hinweisreize eine unbewusste Wahrnehmung verhindert haben. Da subjektive Beurteilungen aber zahlreichen Fehlerquellen unterliegen können, sollten diese Annahmen mit Vorsicht getroffen werden. Denn konträr zu diesen Ergebnissen zeigte sich im Ausgangsexperiment von Mulckhuyse et al. (2007) keine überzufällige Wahrnehmung der Hinweisreize. Leider wurde in der Ausgangsstudie auf die Beschreibung verzichtet, ob in den Experimenten ein TFT- oder ein CRT-Monitor verwendet wurde. Da TFT-Monitore möglicherweise träger sind als CRT-Monitore und die Autoren vielleicht letzteren verwendet haben, könnte auch hier eine Erklärung der unterschiedlichen Ergebnisse liegen. Es wäre daher interessant, diese Möglichkeit in einem Nachfolgeexperiment an einem CRT-Monitor zu überprüfen.

Dass das Experiment 1 keine Aufmerksamkeitseffekte verursacht hat, ließe sich, abgesehen von der top-down geleiteten „Contingent Capture“-Hypothese, jedoch auch im Hinblick auf die Anatomie des visuellen Systems erklären. Der magnozelluläre Pfad beziehungsweise der SC zeigt sich, wie bereits in Kapitel 6 erläutert wurde, besonders sensibel auf Kontrastwechsel, wohingegen der parvozelluläre Pfad unter anderem auf Farben sensibel reagiert. Steinman et al. (1997) gehen von einer Bevorzugung des magnozellulären Pfades aus. Doch was passiert, wenn der magnozelluläre Pfad beziehungsweise im Speziellen der SC zu Lokalisierung des Zielreizes nicht zielführend ist?

Denn wie in Experiment 1 deutlich wird, kann der Zielreiz nicht aufgrund einer Kontrastunterscheidung zu den Distraktoren lokalisiert werden (alle Farben haben die gleiche Luminanz). Somit könnte in diesem Fall auch eine Priorisierung des parvozellulären Pfades eine Ineffektivität der Hinweisreize und damit einhergehend keine Aufmerksamkeitseffekte verursacht haben.

Im Falle des Ausgangsexperiments ließen sich auch die gefundenen Ergebnisse sowohl durch das Vorhandensein eines top-down geleiteten Suchsets nach Reizen mit einem plötzlichen Beginn, als auch durch eine pfadabhängige Zielreizsuche, da keine Farben verwendet wurden und sowohl Hinweis- als auch Zielreize durch einen Kontrastwechsel definiert sind.

Eine klarere Differenzierung beider Möglichkeiten soll nun durch das nachfolgende Experiment erreicht werden.



## 9 Experiment 2

Im ersten Experiment ist das Design so gestaltet, dass der Zielreiz immer auftritt, sobald ein Farbwechsel passiert. In dem Folgeexperiment 2 soll der Zielreiz jedoch ein Farb-Singleton darstellen.

### 9.1 Fragestellung

Da der Zielreiz, wie auch bereits in Experiment 1 nicht aufgrund des Kontrasts lokalisiert werden kann, sondern rein aufgrund der Farbunterschiede stellt sich die Frage, inwiefern dies auch mit dem visuellen System, im Besonderen der beiden Pfade bzw. dem SC, in Verbindung steht. Mulckhuyse et al. (2007) sehen auch eine Begründung in den gefunden Aufmerksamkeitseffekten darin, dass durch die Hinweisreize zuerst der SC aktiviert worden sein soll.

Da in den hier vorgestellten Experimenten plötzlich erscheinende Hinweisreize mit hohem Kontrast zum Hintergrund und farbliche Zielreize mit Distraktoren der gleichen Luminanz Verwendung finden, stellt sich daher folgende Frage: Ist es möglich, dass eine kontrastbasierte Aufmerksamkeitserregung basierend auf dem magnozellulären Pfad beziehungsweise dem SC in den Hintergrund tritt, sobald Farbunterschiede zwischen den Ziel- und Distraktorreizen groß, Kontrast- oder Luminanzunterschiede jedoch gering sind? Zeigt sich demzufolge eine Pfadabhängigkeit im Aufmerksamkeitsprozess, die zu einer Priorisierung des parvozellulären Pfades führen kann?

Eine Möglichkeit diese Pfadabhängigkeit näher zu untersuchen, stellt die Verwendung eines Singleton-Zielreizes dar. In Anlehnung an Bacon und Egeth (1994) kann es zu einem „Singleton-Suchmodus“, also einem subtilen Suchset, kommen, wenn neben dem Hinweisreiz auch der Zielreiz ein Singleton darstellt. In diesem Fall wäre es den VersuchsteilnehmerInnen möglich, in ihrer Suche nach einem Singleton sowohl auf den Ziel- als auch auf den Hinweisreiz zu reagieren und damit Aufmerksamkeitseffekte zu verursachen.

Steht jedoch die Pfadabhängigkeit bei der Aufmerksamkeitserregung im Vordergrund, dürften im zweiten Experiment keine Aufmerksamkeitseffekte auftreten, da der Zielreiz nur anhand der Farbunterschiede identifiziert werden kann und demzufolge der magnozelluläre Pfad beziehungsweise der SC, die auf den Hinweisreiz reagieren würden, zugunsten des parvozellulären Pfades in den Hintergrund treten.

## 9.2 Hypothesen

### ***Top-down „Singleton-Suchmodus“:***

Die Hinweisreize ziehen die Aufmerksamkeit aufgrund eines top-down geleiteten subtilen Suchsets nach Singletons an und verursachen dadurch *Aufmerksamkeitseffekte* im Sinne eines Erleichterungs- und „Inhibition of Return“-Effekts.

### ***Pfadabhängigkeit der Aufmerksamkeitserregung:***

Die Hinweisreize werden ignoriert, da nur Farbunterschiede in der Zielreizsuche beachtet werden und der parvozelluläre Pfad somit auf Kosten des magnozellulären Pfades beziehungsweise des SC in den Vordergrund tritt. Demzufolge verursachen die Hinweisreize *keine Aufmerksamkeitsseffekte* im Sinne eines Erleichterungs- und „Inhibition of Return“-Effekts.

## 9.3 Methode

### **9.3.1 Teilnehmer**

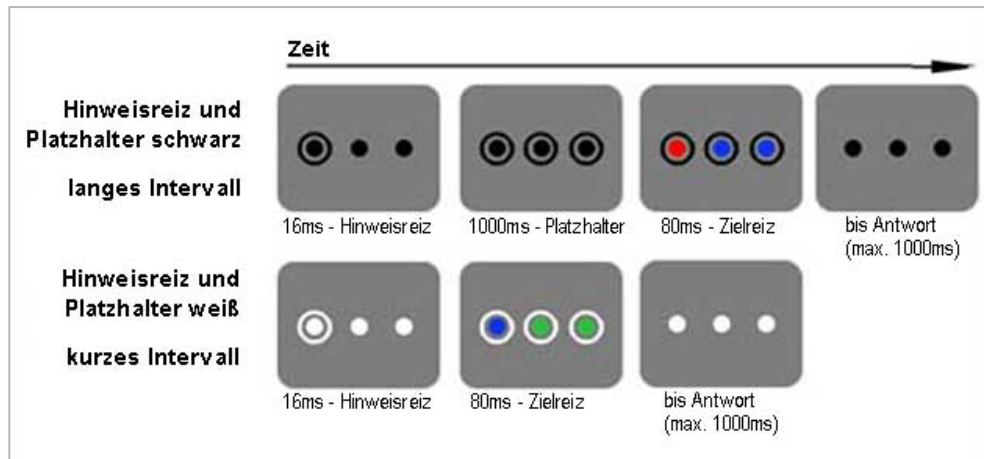
Wie beim ersten Experiment nahmen auch hier 24 Personen (12 davon weiblich) teil. Der Altersdurchschnitt betrug 24,1 Jahre (Range von 19 bis 36) und alle hatten ein normales oder ein durch Sehhilfen korrigiertes normales Sehvermögen. Auch bei der Farberkennung zeigten sich keine Probleme (Überprüfung anhand der Ishihara Farbtafeln).

### **9.3.2 Setting**

Das Setting des zweiten Experiments ist ident mit jenem des ersten Experiments.

### **9.3.3 Aufbau**

Die Stimuli des zweiten Experiments entsprechen denen des ersten Experiments und auch der zeitliche Ablauf ist derselbe mit folgender Abwandlung: Bei dem Farbwechsel erscheinen nicht alle drei Farben sondern jeweils nur zwei.



**Abbildung 12:** zeitlicher Ablauf des Experiments 2

Wie Abbildung 12 veranschaulicht, wechseln zwei Scheiben auf die gleiche Farbe und die dritte Scheibe nimmt eine weitere der drei Farben an. Der Zielreiz stellt somit ein Singleton bezogen auf die Farbe dar. Man beachte hier, dass der Hinweisreiz weiterhin ein Singleton mit plötzlichem Beginn ist.

In 80% der Durchgänge handelt es sich dabei um die gesuchte Farbe. Diese erscheint aber auch hier wieder nur auf der rechten oder der linken und nie auf der mittleren Scheibe. In 20% der Durchgänge erscheint der Zielreiz, also die gesuchte Farbe, jedoch nicht, wobei hier im Gegensatz zum ersten Experiment nichtsdestotrotz ein Farbwechsel stattfindet. Sucht der/die ProbandIn beispielsweise nach einer roten Scheibe und es erscheinen zwei blaue und eine grüne Scheibe, handelt es sich um ein Catchtrial.

## 9.4 Ergebnisse

Bei dem Experiment 2 müssen die Personen, wie auch bei dem vorigen Experiment, so schnell wie möglich auf einen Reiz per Tastendruck reagieren. Inkorrekte Durchgänge (Tastendruck ohne Zielobjekt beziehungsweise kein Tastendruck bei vorhandenem Zielobjekt) sowie Ausreißer wurden bei der statistischen Auswertung mittels SPSS aus den Berechnungen ausgeschlossen. Die inkorrekten Durchgänge machten dabei 3,3% und die Ausreißer weitere 3,1% der Durchgänge aus.

### 9.4.1 Subliminal Cueing Task

Wie bereits bei Experiment 1 wird auch hier mit dem bereinigten Datensatz der 1. Bedingung („Cue Report Task“) eine Varianzanalyse mit Messwiederholung bezüglich

der Reaktionszeit mit den Faktoren „Position des Hinweisreizes“ (gleiche Position vs. unterschiedliche Position) und „SOA“ (kurze vs. lange Zeitverzögerung) berechnet. Dabei zeigten sich bis auf einen signifikanten Haupteffekt des Faktors „SOA“ keine signifikanten Effekte:

„Position des Hinweisreizes“:  $F(1,24) = 2,12, p = .151, \eta_p^2 = .091$

Mittelwert für „gleiche Position“ (valide Bedingung): 370,96 ms

Mittelwert für „unterschiedliche Position“ (nicht-valide Bedingung):  
373,92 ms

„SOA“:  $F(1,24) = 10,44, p = .004, \eta_p^2 = .322$

Mittelwert für „kurze Zeitverzögerung“ (kurze SOA): 378,89 ms

Mittelwert für „lange Zeitverzögerung“ (lange SOA): 365,99 ms

Interaktion zwischen „Position des Hinweisreizes“ und „SOA“:  $F(1,24) = 0,054, p = .818, \eta_p^2 = .002$

Mittelwerte siehe Tabelle 4.

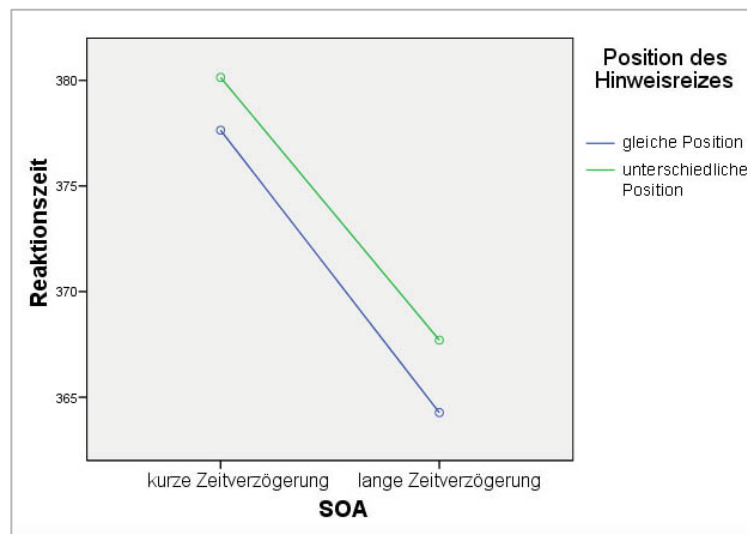
**Tabelle 4:** Experiment 2: Mittelwerte im Vergleich (1: valide Bedingung; 2: nicht-valide Bedingung).

Pos. d. Hinweisreizes	SOA	Mittelwert	Standardfehler	95% Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
1	kurz	377,642	7,314	362,473	392,810
	lang	364,270	8,796	346,028	382,512
2	kurz	380,140	7,493	364,601	395,679
	lang	367,699	9,419	348,166	387,233

*Position des Hinweisreizes\*SOA*

Bei der Ergebnisanalyse des Experiments 2 zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den „Positionen des Hinweisreizes“ (gleiche vs. unterschiedliche Position,  $F(1,24) = 2,12, p = .151$ ). Bei dem Faktor „SOA“ sind die Mittelwerte bei kurzer Zeitverzögerung jedoch signifikant höher als bei langer Zeitverzögerung (379 ms versus 366 ms,  $F(1,24) = 10,44, p = .004$ ). Die VersuchsteilnehmerInnen reagieren also in

Experiment 2 schneller, wenn noch 1000 ms zwischen dem Erscheinen der Platzhalter und dem anschließenden Erscheinen des Zielreizes verstreichen.



**Abbildung 13:** Ergebnisdarstellung des Experiments 2

In der Interaktion zwischen „Position des Hinweisreizes“ und „SOA“ zeigen sich, wie auch Tabelle 4 und Abbildung 13 veranschaulichen, keine signifikanten Unterschiede ( $F(1,24) = 0,054$ ,  $p = .818$ ), weshalb hier weder von einem „Erleichterungseffekt“ noch von einem „Inhibition of Return“-Effekt ausgegangen werden kann.

#### 9.4.2 Cue Report Task

Im Experiment 2 berichteten ebenfalls alle VersuchsteilnehmerInnen den Hinweisreiz in der 1. Bedingung nicht gesehen zu haben, wodurch auch hier keine subjektive Sichtbarkeit der Hinweisreize in der „Subliminal Cueing Task“-Bedingung anzunehmen ist. Nach Ausschluss der Durchgänge ohne Zielreiz wurden im Zuge einer objektiven Analyse der Sichtbarkeit der Hinweisreize das Sensitivitätsmaß  $d'$  sowie das Antwortkriterium berechnet (zur näheren Beschreibung siehe Kapitel 5.2.2).

Bei der 2. Bedingung des Experiments 2 zeigt sich ein durchschnittlicher  $d'$ -Wert von 1,7 (Minimum: -1,4 und Maximum: 4,3), der signifikant über dem Zufallsniveau ( $p < .001$ ) liegt.

Der Durchschnittswert des Antwortkriteriums beträgt hier -0,1 (Minimum: -0,7 und Maximum: 0,5) und weicht nicht signifikant von Null ab ( $p = .08$ ).

Eine Regressionsanalyse zwischen der „Position des Hinweisreizes“ (gleiche vs. unterschiedliche Position) als eine Funktion der Diskrimination ( $d'$ ) im Fall der kurzen SOA zeigt, dass der Achsenabschnitt nicht signifikant von Null abweicht ( $a = 2,0$ ,  $p = .70$ ). Auch die Korrelation zwischen Diskrimination und Reaktionszeitunterschiede ist nicht signifikant ( $\beta = 0,02$ ,  $p = .91$ ).

## 9.5 Diskussion

Würde die Aufmerksamkeit top-down geleitet aufgrund eines gebildeten Suchsets nach Singletons verlagert werden, sollten sich in Experiment 2 Aufmerksamkeitseffekte zeigen, da sowohl der Ziel- als auch der Hinweisreiz Singletons darstellen (Top-down „Singleton-Suchmodus“ Hypothese). Zeigt sich jedoch aufgrund der farblich definierten Ziel- und Distraktorreize eine Priorisierung des parvozellulären Pfades als stärkere Einflussdeterminante in den Aufmerksamkeitsverlagerungen als die Suche nach einem Singleton, sollten keine Aufmerksamkeitseffekte auftreten (Pfadabhängigkeitshypothese). In der Auswertung der ersten Bedingung des Experiments 2 zeigt sich keine signifikante Interaktion zwischen den Faktoren „Position des Hinweisreizes“ und „SOA“ und somit auch keine Aufmerksamkeitseffekte im Sinne eines Erleichterungs- oder „Inhibition of Return“-Effekts. Diese Ergebnisse sprechen somit für einen stärkeren Einfluss der Pfadabhängigkeit auf Aufmerksamkeitsverlagerungen.

Der Faktor „Position des Hinweisreizes“ zeigt sich auch hier, wie bereits im vorigen Experiment als nicht signifikant. Im Gegensatz zum ersten Experiment erreichte der Faktor „SOA“ jedoch statistische Signifikanz, da die VersuchsteilnehmerInnen bei kurzer SOA langsamer reagierten als bei langer SOA. Dieser Effekt zeigte sich schon bei Mulckhuyse et al. (2007).

Eine mögliche Erklärung, warum sich hier im Gegensatz zum ersten Experiment beziehungsweise zum Ausgangsexperiment ein Effekt zeigt, kann in der „Perceptual Load“ Theorie gefunden werden. Eine wichtige Annahme dieser Theorie ist es, dass Distraktoreffekte in Aufgaben mit hoher Belastung (im Englischen „high perceptual load“) niedriger ausfallen als bei Aufgaben mit niedriger Belastung (im Englischen „low perceptual load“). Die Belastung einer Aufgabe begründe sich dabei in der Anzahl der Stimuli oder der jeweiligen Aufgabenstellung (Lavie, 1995).

Man beachte, dass in den hier vorgestellten Experimenten im Vergleich zur langen SOA die beiden Ringe gleichzeitig mit dem Zielreiz und den Distraktoren in der kurzen SOA erscheinen.

In den Experimenten von Lavie (1995) zeigte sich, dass der Einfluss von Distraktoren bei peripheren Zielreizen größer war als bei zentralen Zielreizen. Dieser Effekt reduzierte sich aber in einer „high load“-Bedingung im Vergleich zu einer „low load“-Bedingung. Geht man übertragen auf die hier vorgestellten Experimente also davon aus, dass Experiment 1 mit drei unterschiedlichen Farbreizen eine „high load“-Bedingung, Experiment 2 jedoch durch das Erscheinen von nur zwei unterschiedlichen Farbreizen eine „low load“-Bedingung darstellt, würde sich der größere Einfluss der Distraktoren in Experiment 2 erklären und die damit einhergehenden längeren Reaktionszeiten. Die Annahme, dass eine derartige Unterscheidung zwischen „high load“ und „low load“-Bedingung in diesem Falle gerechtfertigt ist, muss jedoch mit Vorsicht getroffen werden und bedarf auf alle Fälle noch weiterer Forschung.

Die Auswertung der zweiten Bedingung zeigt, wie bereits im Experiment 1, dass die Hinweisreize im ersten Teil des Experiments subjektiv nicht wahrgenommen wurden, im zweiten Teil jedoch eine überzufällige Wahrnehmung des Hinweisreizes festgestellt wurde. Die Schlussfolgerungen sind daher ident mit denen des vorigen Experiments (siehe Kapitel 8.5).

## ABSCHLIEßENDE DISKUSSION DER ERGEBNISSE

---

Inwiefern wird unsere Aufmerksamkeit von bottom-up oder top-down geleiteten Prozessen beeinflusst beziehungsweise zeigen sich auch biologische Aspekte als ein determinierender Einfluss?

Da Mulchuyse et al. (2007) in einem Experiment eine exogene Aufmerksamkeitsverlagerung zu unbewusst wahrgenommenen Stimuli gefunden zu haben scheinen, top-down Einflüsse aber nicht gänzlich ausgeschlossen werden konnten, sollte in darauf aufbauenden Experimenten dieser Frage noch näher nachgegangen werden. Im Experiment 1 zeigten sich im Gegensatz zur Studie von Mulckhuyse et al. (2007) keine Aufmerksamkeitseffekte, da hier konträr zur Ausgangsstudie der Hinweisreiz einen plötzlichen Beginn darstellte, der Zielreiz jedoch einen statischen Farbwechsel. Die Ergebnisse des Experiments untermauern daher den Kritikpunkt der Ausgangsstudie und sprechen für eine top-down geleitete Aufmerksamkeitsverlagerung. Diese Ergebnisse könnten jedoch auch anhand biologischer Aspekte unseres visuellen Systems erklärt werden, da zur erfolgreichen Lokalisierung des Zielreizes nur Farbunterschieden Bedeutung zukommen und das visuelle System zwei verschiedene Pfade mit jeweiligem Fokus auf Kontrast- oder Farbwechsel unterscheidet. Mit zusätzlicher Abänderung des Experimentaldesigns zeigte sich schließlich in einem Folgeexperiment, dass die Pfadabhängigkeit der Aufmerksamkeitsverlagerung sogar einen größeren Effekt zeigt, als das Vorhandensein eines top-down geleiteten subtilen Suchsets. Im Rahmen vertiefender Forschung wäre es in weiterer Folge interessant, bildgebende Verfahren in die Experimente zu integrieren, um anhand dessen eine fundiertere Aussage über die Einflüsse unseres visuellen Systems auf anatomischer Ebene treffen zu können.

Auch die Sichtbarkeit der verwendeten Hinweisreize wurde in beiden Experimenten in einer eigenen Bedingung überprüft. Im Gegensatz zur Ausgangsstudie wurden die Hinweisreize in beiden hier vorgestellten Experimenten überzufällig häufig gesehen. Eine subjektive Beurteilung der VersuchsteilnehmerInnen lässt aber vermuten, dass die Hinweisreize in der ersten Bedingung, der „Subliminal Cueing Task“, sehr wohl unbewusst gesehen worden sind.



Im Zuge der unbewussten Wahrnehmung gibt es verschiedene Meinungen, ob der parvozelluläre Pfad oder der magnozelluläre Pfad beziehungsweise der SC die stärkere Determinante darstellen. In der Ausgangsstudie diskutieren die Autoren, dass dem SC eine besondere Rolle in der Wahrnehmung unbewusster Reize zukommt.

In Experimenten von Steinman et al. (1997) mit bewusst wahrgenommenen Reizen zeigte sich eine bevorzugte Aktivierung des magnozellulären Pfades, wenn sowohl ein durch Kontrast als auch ein durch Farbe definierter Reiz gezeigt wurden. Dies zeigte sich sogar bei einem früheren Erscheinen des farblich definierten Reizes.

Wie die hier vorgestellten Experimente aber zeigen, kann auch der parvozelluläre Pfad auf Kosten des magnozellulären Pfades beziehungsweise des SC Priorität erlangen, wenn nur Unterscheidungen auf einer Ebene zielführend sind, die dem parvozellulären Pfad zugeschrieben werden.

Es zeigt sich somit, dass ein durch Kontrastwechsel definierter Hinweisreiz die Aufmerksamkeit über den magnozellularen Pfad erregt, wenn diese Kontrastinformation auch für die Lokalisierung des Zielreizes zielführend ist. Das Ausgangsexperiment stellt einen solchen Fall dar. Kann der Zielreiz jedoch, wie in den in dieser Arbeit beschriebenen Experimenten, nur aufgrund einer farblichen Unterscheidung identifiziert werden, tritt der parvozelluläre Pfad im Aufmerksamkeitsprozess in den Vordergrund, wodurch auch plötzlich erscheinende Hinweisreize keine Aufmerksamkeitseffekte auslösen.

# LITERATURVERZEICHNIS

---

- Allport, A. D. (1971). Parallel encoding within and between elementary stimulus dimensions. *Perception & Psychophysics*, 10 (2), 104-108.
- Allport, A. (1989). Visual attention. In M. I. Posner (Hrsg.), *Foundations of cognitive science* (S. 631-682). Cambridge: MIT Press.
- Ansorge, U. (2006). Die Rolle von Absichten bei der automatischen Verarbeitung visuell-räumlicher Reizinformation. *Psychologische Rundschau*, 57 (1), 2-12.
- Ansorge, U., & Heumann, M. (2003). Top-down contingencies in peripheral cuing: The roles of color and location. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 29 (5), 937-948.
- Ansorge, U., & Leder, H. (2011). *Wahrnehmung und Aufmerksamkeit*. Wiesbaden: VS Verlag.
- Ansorge, U., & Neumann, O. (2005). Intentions determine the effect of invisible metacontrast-masked primes: Evidence for top-down contingencies in a peripheral cuing task. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31 (4), 762-777.
- Ansorge, U., Horstmann, G., & Carbone, E. (2005). Top-down contingent capture by color: evidence from RT distribution analyses in a manual choice reaction task. *Acta Psychologica*, 120, 243-266.
- Ansorge, U., Horstmann, G., & Scharlau, I. (2011). Top-down contingent feature-specific orienting with and without awareness of the visual input. *Advances in Cognitive Psychology*, 7, 108-119.
- Ansorge, U., Horstmann, G., & Worschech, F. (2010). Attentional capture by masked colour singletons. *Vision Research*, 50, 2015-2027.
- Ansorge, U., Kiss, M., & Eimer, M. (2009). Goal-driven attentional capture by invisible colours: Evidence from event-related potentials. *16*, 648-653.

- Bacon, W., & Egeth, H. (1994). Overriding stimulus-driven attentional capture. *Perception & Psychophysics*, 55 (5), 485-496.
- Bauer, F., Cheadle, W., Parton, A., Müller, H. J., & Usher, M. (2009). Gamma flicker triggers attentional selection without awareness. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106 (5), 1666-1671.
- Breitmeyer, B., & Ganz, L. (1976). Implications of sustained and transient channels for theories of visual pattern masking, saccadic suppression and information processing. *Psychological Review*, 83 (1), 1-36.
- Broadbent, D. (1958). *Perception and communication*. London: Pergamon Press.
- Cole, G., Kentridge, R., & Heywood, C. (2004). Visual salience in the change detection paradigm: The special role of object onset. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 30 (3), 464-477.
- Debner, J. A., & Jacoby, L. L. (1994). Unconscious perception: Attention, awareness, and control. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20 (2), 304-317.
- Desimone, R., & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual Review of Neuroscience*, 18, 193-222.
- Di Lollo, V., Enns, J. T., & Rensink, R. A. (2000). Competition for consciousness among visual events: The psychophysics of reentrant visual processes. *Journal of Experimental Psychology: General*, 129 (4), 481-507.
- Duncan, J. (1984). Selective attention and the organization of visual information. *Journal of Experimental Psychology: General*, 113 (4), 501-517.
- Duncan, J., & Humphreys, G. W. (1989). Visual search and stimulus similarity. *Psychological Review*, 96 (3), 433-458.
- Enns, J. T., & Di Lollo, V. (2000). What's new in visual masking? *Trends in Cognitive Sciences*, 4 (9), 345-352.

- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, 16 (1), 143-149.
- Eriksen, C. W., & St. James, J. D. (1986). Visual attention within and around the field of focal attention: A zoom lens model. *Perception & Psychophysics*, 40 (4), 225-240.
- Eysenck, M., & Keane, M. (2010). *Cognitive Psychology: A student's handbook* (6th Ed.). Hove, UK: Psychology Press.
- Folk, C., & Remington, R. (2006). Top-down modulation of preattentive processing: Testing the recovery account of contingent capture. *Visual Cognition*, 14, 445-465.
- Folk, C., Remington, R., & Johnston, J. (1992). Involuntary covert orienting is contingent on attentional control settings. 18 (4), 1030-1044.
- Gegenfurtner, K., & Kiper, D. (2003). Color vision. *Annual Review of Neuroscience*, 26, 181-206.
- Gibson, B. S., & Amelio, J. (2000). Inhibition of return and attentional control settings. *Perception & Psychophysics*, 62 (3), 496-504.
- Goodale, M., & Milner, A. D. (1992). Separate visual pathways for perception and action. *Trends in Neuroscience*, 15 (1), 20-25.
- Held, B., Ansorge, U., & Müller, H. (2010). Masked singleton effects. *Attention, Perception & Psychophysics*, 72 (8), 2069-2086.
- Itti, L., & Koch, C. (2001). Feature combination strategies for saliency-based visual attention systems. *Journal of Electronic Imaging*, 10 (1), 161-169.
- Itti, L., Koch, C., & Niebur, E. (1998). A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 20 (11), 1254-1259.
- Ivanoff, J., & Klein, R. M. (2003). Orienting of attention without awareness is affected by measurement-induced attentional control settings. *Journal of Vision*, 3, 32-40.
- James, W. (1890). *Principles of psychology*. New York: Holt.

- Jonides, J. (1981). Voluntary versus automatic control over the mind's eye's movement. In J. Long, & A. Baddeley (Eds.), *Attention & Performance IX*, 187-203. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kaplan, E., & Shapley, R. (1986). The primate retina contains two types of ganglion cells with high and low contrast sensitivity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 83, 2755-2757.
- Kiesel, A. (2009). Unbewusste Wahrnehmung. Handlungsdeterminierende Reizerwartungen bestimmen die Wirksamkeit subliminaler Reize. *Psychologische Rundschau*, 60 (4), 215-228.
- Klein, R. M. (2000). Inhibition of return. *Trends in Cognitive Sciences*, 4 (4), 138-147.
- Lamme, V. (2003). Why visual attention and awareness are different. *Trends in Cognitive Sciences*, 7 (1), 12-18.
- Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21 (3), 451-468.
- Livingstone, M., & Hubel, D. (1988). Segregation of form, color, movement, and depth: anatomy, physiology, and perception. *Science*, 240 (4853), 740-749.
- McCormick, P. (1997). Orienting attention without awareness. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 168-180.
- McNamara, T. P. (2005). *Semantic priming. Perspectives from memory and word recognition*. New York und Hove: Psychology Press.
- Merkle, P. M., & Daneman, M. (2000). Conscious vs. unconscious perception. In M. Gazzaniga (Eds.), *The New Cognitive Neurosciences, 2nd Edition*, 1295-1303. Cambridge, MA: MIT Press.
- Merkle, P. M., Smilek, D., & Eastwood, J. D. (2001). Perception without awareness: perspectives from cognitive psychology. *Cognition*, 79, 115-134.
- Mulckhuyse, M., & Theeuwes, J. (2010). Unconscious attentional orienting to exogenous cues: A review of the literature. *Acta Psychologica*, 134, 299-309.

- Mulckhuyse, M., Talsma, D., & Theeuwes, J. (2007). Grabbing Attention without knowing: Automatic capture of attention by subliminal spatial cues. *Visual Cognition*, 15 (7), 779-788.
- Murphy, T., & Zajonc, R. (1993). Affect, cognition, and awareness: Affective priming with optimal and suboptimal stimulus exposures. *Journal of Personality and Social Psychology*, 64 (5), 723-739.
- Neisser, U. (1967). *Cognitive Psychology*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- O'Connor, D. H., Fukui, M. M., Pinsk, M. A., & Kastner, (2002). Attention modulates responses in the human lateral geniculate nucleus. *Nature Neuroscience*, 11, 1203-1209.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.
- Posner, M. I., & Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. In H. Bouma, & D. Bouwhuis (Eds.), *Attention and Performance X*, 531-556. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Posner, M. (1988). Structures and functions of selective attention. In T. Boll, & B. Bryant (Eds.), *Master Lectures in Clinical Neuropsychology*, 173-202. Washington, DC: American Psychological Association.
- Rafal, R. D., Calabresi, P. A., Brennan, C. W., & Sciolto, T. K. (1989). Saccade preparation inhibits reorienting to recently attended locations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15 (4), 673-685.
- Sahraie, A., Weiskrantz, L., Barbur, J., Simmons, A., S, W., & Brammer, M. (1997). Pattern of neuronal activity associated with conscious and unconscious processing of visual signals. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 94, 9406-9411.
- Scharlau, I., & Ansorge, U. (2003). Direct parameter specification of an attention shift: evidence from perceptual latency priming. *Vision Research*, 43, 1351-1363.

- Schlick, C., Bruder, R., & Luczak, H. (2010). *Arbeitswissenschaft* (3. Ausg.). Heidelberg  
Dordrecht London New York: Springer.
- Shady, S., MacLeod, D. I., & Fisher, H. (2004). Adaptation from invisible flicker.  
*Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101  
(14), 5170-5173.
- Simons, D. (2000). Current approaches to change blindness. *Visual Cognition*, 7, 1-15.
- Steinman, B., Steinman, S., & Lehmkuhle, (1997). Transient visual attention is dominated  
by the magnocellular stream. *Vision Research*, 37 (1), 17-23.
- Tapia, E., & Breitmeyer, B. G. (2011). Visual consciousness revisited: Magnocellular and  
parvocellular contributions to conscious and nonconscious vision. *Psychological  
Science*, 22 (7), 934-942.
- Theeuwes, J. (1992). Perceptual selectivity for color and form. *Perception &  
Psychophysics*, 51 (6), 599-606.
- Titchener, E. (1901). *Experimental Psychology. A Manual of Laboratory Practice*. New  
York: Macmillan.
- Treisman, A. M. (1969). Strategies and models of selective attention. *Psychological  
Review*, 76 (3), 282-299.
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention.  
*Cognitive Psychology*, 12, 97-136.
- Van der Stigchel, S., Mulckhuyse, M., & Theeuwes, J. (2009). Eye cannot see it: The  
interference of subliminal distractors on saccade metrics. *Vision Research*, 49, 2104-  
2109.
- Yantis, S., & Egeth, H. (1999). On the distinction between visual salience and stimulus-  
driven attentional capture. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception  
and Performance*, 25 (3), 661-676.

Yantis, S., & Jonides, J. (1984). Abrupt visual onsets and selective attention: Evidence from visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10 (5), 601-621.



## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

---

<b>Abbildung 1:</b> Vier Bedingungen des Hinweisreizparadigmas .....	13
<b>Abbildung 2:</b> Darstellung des Hinweisreizparadigmas A .....	14
<b>Abbildung 3:</b> Darstellung des Hinweisreizparadigmas B.....	14
<b>Abbildung 4:</b> Darstellung des Hinweisreizparadigmas C.....	14
<b>Abbildung 5:</b> Darstellung des Hinweisreizparadigmas D .....	15
<b>Abbildung 6:</b> Graphische Darstellung des „Inhibition of Return“-Effekts: .....	17
<b>Abbildung 7:</b> Debatte zur Aufmerksamkeitslenkung .....	27
<b>Abbildung 8:</b> Schematische Darstellung des Versuchsablaufs.....	39
<b>Abbildung 9:</b> Ergebnisdarstellung des Ausgangsexperiments .....	40
<b>Abbildung 10:</b> zeitlicher Ablauf des Experiments 1 .....	45
<b>Abbildung 11:</b> Ergebnisdarstellung des Experiments 1 .....	48
<b>Abbildung 12:</b> zeitlicher Ablauf des Experiments 2 .....	55
<b>Abbildung 13:</b> Ergebnisdarstellung des Experiments 2 .....	57

## TABELLENVERZEICHNIS

---

<b>Tabelle 1:</b> Kontrast- und Farbcodes sowie Luminanzwerte.....	44
<b>Tabelle 2:</b> Darstellung der 6 Testgruppen.....	46
<b>Tabelle 3:</b> Experiment 1: Mittelwerte im Vergleich .....	48
<b>Tabelle 4:</b> Experiment 2: Mittelwerte im Vergleich. ....	56



# LEBENS LAUF

---

## *Angaben zur Person*

---

Name	Marlene Wurm
Geburtsdatum, -ort	30.09.1987, in Amstetten
Staatsbürgerschaft	Österreich
Emailadresse	a0602896@unet.univie.ac.at

## *Ausbildung*

---

seit 2008	Wirtschaftsuniversität Wien: Betriebswirtschaftslehre
2006 - 2012	Universität Wien: Psychologie
1998 – 2006	Bundesgymnasium Amstetten

## *Berufliche Laufbahn*

---

12.2012 – dato	fresh-IT, in Wien
06.2011 – 09.2011	Au Pair in Sligo, Irland
03. 2010 – 05. 2011	HILL International GmbH, in Wien
08. 2010	Wiener Jugenderholung, in Tieschen Steiermark
08. – 10. 2009	Interface Consult GmbH, in Wien
06.2007 – 02. 2009	Cineplexx, in Amstetten
08. 2006	Tischlerei Skloib, in Grein
07. 2005	Niederösterreichische Gebietskrankenkassa, in Amstetten

## *Sonstiges*

---

Englisch: in Wort und Schrift  
Französisch, Spanisch, Polnisch, Latein: Grundkenntnisse  
Microsoft Office: sehr gut  
SPSS: gut